

*Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática*

## **TRABAJO FIN DE GRADO**



DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS  
DEL COLEGIO SAN RAFAEL (14): TRANSICIÓN A LA VIDA  
ADULTA - DIANA ADAPTADA (1)

PROMOCIÓN 2012 – 2016

**AUTOR:** Cristian Vázquez Ramos

**Director:** Ricardo Vergaz Benito

**Fecha:** 04/10/2016





**Título:** Desarrollo de una ayuda técnica para alumnos del colegio San Rafael (14): Transición a la vida adulta – Diana adaptada (1)

**Autor:** Cristian Vázquez Ramos

**Tutor:** Ricardo Vergaz Benito

### **EL TRIBUNAL**

**Presidente:** Edgardo Daniel Castronuovo

**Vocal:** Pedro Lorenzo Portalatín Ginés

**Secretario:** Plinio Jesús Pinzón Castillo

Realizando el acto de defensa y lectura del Trabajo Fin de Grado el día 04 de octubre de 2016 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

**VOCAL**

**SECRETARIO**

**PRESIDENTE**



# Índice

## Contenido

<b>ÍNDICE.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	12
1.1.1 <i>Diseño para Todos</i> .....	12
1.1.2 <i>El colegio San Rafael</i> .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.3 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA .....	15
1.3.1 <i>Especificaciones mecánicas</i> .....	15
1.3.2 <i>Especificaciones funcionales</i> .....	16
1.3.3 <i>Requerimientos finales</i> .....	17
1.4 FASES DEL PROYECTO .....	18
1.5 MEDIOS UTILIZADOS .....	19
1.6 DESCRIPCIÓN DE LA PRESENTE MEMORIA.....	20
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>21</b>
<b>DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>21</b>
2.1 DISEÑO DEL SISTEMA COMPLETO: VISIÓN GENERAL.....	22
2.1 DISEÑO DE LA DIANA .....	23
2.2.1 <i>Diseño mecánico</i> .....	23
2.2.2 <i>Diseño hardware</i> .....	29
2.2.3 <i>Diseño Software</i> .....	44
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>53</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS INICIALES .....</b>	<b>53</b>
3.1 CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DEL SISTEMA.....	54
3.1.1 <i>Material</i> .....	54
3.1.2 <i>Construcción mecánica</i> .....	54
3.1.3 <i>Acabados</i> .....	58
3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTRÓNICA .....	59
3.2.1 <i>Placa de pruebas (protoboard)</i> .....	59
3.2.3 <i>PCBs</i> .....	60
3.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA DIANA .....	64
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>65</b>
4.1 PRUEBAS DESARROLLADAS .....	66
4.1.1 <i>Funcionamiento satisfactorio de la diana</i> .....	66
4.1.2 <i>Funcionamiento completo del sistema</i> .....	66
4.2 PRUEBAS EN ENTORNO REAL Y CON USUARIOS FINALES.....	68



4.3 PRESUPUESTO .....	69
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>72</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	73
5.2 LÍNEAS FUTURAS .....	73
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>
<b>A.1 MANUAL DE USUARIO .....</b>	<b>77</b>
<b>A.2 PLANOS DE PIEZAS CONSTRUIDAS .....</b>	<b>83</b>
<b>A.3 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO .....</b>	<b>90</b>
<b>A.4 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR.....</b>	<b>92</b>
<b>A.5 ENLACES A HOJAS DE CARACTERÍSTICAS.....</b>	<b>106</b>

## Índice de figuras

FIG. 1. C.E.E. SAN RAFAEL .....	13
FIG. 2. DIAGRAMA DE GANTT .....	18
FIG. 3. ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	22
FIG. 4. CROQUIS DIANA .....	24
FIG. 5. DIANA FINAL.....	24
FIG. 6. INTERRUPTOR ON/OFF Y CONEXIÓN ALIMENTACIÓN.....	25
FIG. 7. BOCETO PIEZA A .....	25
FIG. 8. BOCETO PIEZA B.....	26
FIG. 9. BOCETO UNIÓN PIEZA A Y B.....	26
FIG. 10. DISEÑO FREECAD PIEZA A-1.....	26
FIG. 11. DISEÑO FREECAD PIEZA A-2.....	27
FIG. 12. DISEÑO FREECAD PIEZA B .....	27
FIG. 13. CONJUNTO AMORTIGUADOR. PIEZAS A Y B.....	28
FIG. 14. ESQUEMA DISEÑO HARDWARE .....	29
FIG. 15. BOTÓN DE SELECCIÓN.....	29
FIG. 16. ESQ. CONEXIÓN BOTÓN DE SELECCIÓN .....	30
FIG. 17. PULSADORES EN LOS AROS CORRESPONDIENTES A LAS PUNTUACIONES DE DOS (IZQUIERDA) Y TRES PUNTOS (DERECHA) .....	31
FIG. 18. ESQ. CONEXIONES EN ARO 1 PUNTO .....	32
FIG. 19. ESQ. CONEXIONES EN ARO 2 PUNTOS .....	32
FIG. 20. ESQ. CONEXIONES EN ARO 3 PUNTOS .....	32
FIG. 21. ESQ. CONEXIONES EN ARO 4 PUNTOS .....	33
FIG. 22. ESQ. CONEXIONES EN ARO 5 PUNTO .....	33
FIG. 23. PULSADOR .....	34
FIG. 24. MÓDULO DE SONIDO. DFPLAYER MINI.....	34
FIG. 25. PINES MÓDULO DFPLAYER MINI .....	35
FIG. 26. ESQUEMA DE CONEXIONES DFPLAYER MINI .....	36
FIG. 27. CONEXIÓN RX/TX.....	36
FIG. 28. ALTAVOZ PIONEER TS-1755 .....	36
FIG. 29. CONFIGURACIÓN SONIDO .....	38
FIG. 30. SENTENCIA PLAY SONIDO.....	38
FIG. 31. PANTALLA LCD .....	38
FIG. 32. ESQUEMA DE CONEXIÓN PANTALLA LCD .....	39
FIG. 33. DISPLAY BCD CON EMBELLECEDOR .....	40
FIG. 34. SEGMENTOS E IDENTIFICACIÓN DE LOS MISMOS .....	40
FIG. 35. ESQ. CONEXIONES DISPLAY BCD + INTEGRADO 74LS47 .....	41
FIG. 36. SEÑALIZACIÓN LEDs EN DIANA .....	42
FIG. 37. ESQ. CONEXIONES LEDs .....	42
FIG. 38. FUENTE DE ALIMENTACIÓN KFD .....	43
FIG. 39. PINES DE ARDUINO REV 3 .....	45
FIG. 40. FLUJOGRAMA BOTÓN DE SELECCIÓN.....	46
FIG. 41. FLUJOGRAMA LECTURA DE PULSADORES.....	47
FIG. 42. FLUJOGRAMA PANTALLA LCD: RELLENADO.....	48
FIG. 43. FLUJOGRAMA PANTALLA LCD: BORRADO Y MENSAJE .....	48
FIG. 44. FLUJOGRAMA DISPLAY BCD. APAGADO.....	49
FIG. 45. FLUJOGRAMA DISPLAY BCD. NÚMERO 2 .....	49
FIG. 46. FLUJOGRAMA DISPLAY BCD. NÚMERO 1 .....	49
FIG. 47. FLUJOGRAMA DISPLAY BCD. NÚMERO 3 .....	49
FIG. 48. FLUJOGRAMA DISPLAY BCD. NÚMERO 4 .....	50



FIG. 49. FLUJOGRAMA FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL PROGRAMA .....	51
FIG. 50. CORTE Y MONTAJE ESTRUCTURA DIANA .....	54
FIG. 51. IMPRESORA 3D BQ WITBOX 2 .....	55
FIG. 52. AMORTIGUADOR COMPLETO .....	55
FIG. 53. MONTAJE AMORTIGUADORES EN ARO (I).....	56
FIG. 54. MONTAJE AMORTIGUADORES EN ARO (II).....	56
FIG. 55. FIJACIÓN ARO (I) .....	57
FIG. 56. FIJACIÓN ARO (II) .....	57
FIG. 57. DIANA PINTADA .....	58
FIG. 58. IMPLEMENTACIÓN EN PROTOBOARD .....	59
FIG. 59. DISEÑO ORCAD: SIST. PUNTACIÓN + BOTÓN DE SELECCIÓN .....	60
FIG. 60. PCB SIST. PUNTACIÓN + BOTÓN DE SELECCIÓN.....	61
FIG. 61. DISEÑO ORCAD: PANTALLA LCD + DISPLAY BCD .....	62
FIG. 62. PCB PANTALLA LCD + DISPLAY BCD .....	62
FIG. 63. DISEÑO ORCAD: MÓDULO SONIDO + LEDs.....	63
FIG. 64. PCB:MÓDULO SONIDO + LEDs .....	63
FIG. 65. PRUEBA EN LABORATORIO 1.2.C12 .....	67
FIG. 66. PRUEBA EN EL COLEGIO .....	68

## Índice de tablas

TABLA 1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	17
TABLA 2. ESPECIFICACIONES PULSADOR .....	30
TABLA 3. Nº PULSADORES EN CADA ARO .....	31
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE PINES DFPLAYER MINI .....	35
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DE MENSAJES DE AUDIO .....	37
TABLA 6. ESPECIFICACIONES LEDs.....	43
TABLA 7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ARDUINO UNO REV 3.....	44
TABLA 8. USO DE LOS PINES DEL MICROCONTROLADOR .....	45
TABLA 9. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	46
TABLA 10. PRESUPUESTO, COSTE DEL MATERIAL.....	71
TABLA 11. PRESUPUESTO, COSTE DEL INGENIERO.....	71
TABLA 12. PRESUPUESTO TOTAL .....	71

## Agradecimientos

Llegó el momento, el final del proyecto y con ello el final del grado. Ha sido un camino muy duro lleno de subidas y bajadas, donde me han ocurrido todo tipo de experiencias, solo me queda agradecer a todas aquellas personas que me han acompañado durante este largo trayecto y que gracias a todos ellos todos mis logros y éxitos han sido posibles.

En primer lugar, dar las gracias a mi familia. A mis padres, ya que me han apoyado hasta el último momento y se han sacrificado para que yo pudiera sacarme el grado. Además han intentado aportar ideas en todo momento, a pesar de no poseer ningún conocimiento sobre lo que yo estaba estudiando. A mi hermano, por acompañarme durante las vacaciones de navidad, a la biblioteca a estudiar para los exámenes finales de enero.

A mis compañeros y amigos de carrera, porque gracias a todos ellos, las clases han sido más llevaderas, y decir que todo ha sido más fácil con todos ellos al lado, ya que nos quedábamos todos los días a comer e íbamos a la biblioteca por la tarde a estudiar, y nos ayudábamos los unos a los otros.

A mis compañeros del laboratorio 1.2.C12 y en especial a Eduardo, mi compañero de TFG, por hacer que la larga estancia en el laboratorio fuera más amena y por aportar ideas, alternativas y consejos para la realización del TFG.

Continuando y ya finalizando con los agradecimientos más personales, debo dar las gracias al personal del colegio San Rafael, que nos recibieron desde el primer día con las manos abiertas, y siempre han respondido a cualquier cosa que les hemos preguntado, ayudándonos en todo lo posible.

Y por último, y no por ello menos importante, doy las gracias a mi tutor del proyecto, Ricardo Vergaz Benito, y no solo por su magnífico trabajo al ayudarnos en dudas sobre el proyecto y su revisión de la memoria, que sin duda no habría sido posible sin él; si no también, por sus clases en las asignaturas de Electrónica Analógica I y Electrónica Analógica II, y su siempre disposición por resolver dudas tanto en la propia clase como en sus tutorías.



## Resumen

El Trabajo Final de Grado que a continuación se expone forma parte del proyecto *TRANSICIÓN A LA VIDA ADULTA - DIANA ADAPTADA* que representa un juego adaptado para el C.E.E del Hospital San Rafael de Madrid, a cuyos alumnos con grados severos de discapacidad física y cognitiva va dirigido este juego.

El principal objetivo del proyecto es desarrollar las capacidades de los alumnos, adquiriendo un desarrollo emocional y social; a la par de entretener, creando para ello un sistema que satisfaga dichas necesidades con el menor coste posible.

El sistema completo está formado por un lanzabolas y una diana, independientes entre sí, pero necesarios ambos para el desarrollo del juego. Cada uno de estos bloques se presenta como una memoria aparte, dentro de dos diferentes Trabajos Fin de Grado. En esta memoria en concreto se trata el subsistema Diana, detallando el proceso de diseño electrónico y mecánico y su implementación.

Ambos subsistemas están pensados para poder funcionar como sistema conjunto. El lanzabolas tiene la función de lanzar una bola hacia la diana; este será manejado por los alumnos mediante un mando. El mando presenta un botón y una conexión con puerto Jack, donde se conectarán los pulsadores de los alumnos. Para lanzar la bola, el subsistema consta de una secuencia que va transcurriendo según se vaya pulsando el botón del mando o los pulsadores de los alumnos, y tras cuatro pulsaciones (Mov.Vertical, Mov.Horizontal, Act.Motores y Disparo) se dispara la bola.

La diana se encarga de contabilizar las puntuaciones de los cuatro jugadores y de llevar el desarrollo del juego. Todo lo correspondiente al cambio de jugador y de inicio o fin de la partida, etc. lo llevará a cabo el profesor.

Ambos subsistemas se controlan independientemente con sendos microcontroladores Arduino, que son programados de acuerdo a las necesidades y requerimientos del juego, y la electrónica de control anexa a él, que será descrita en esta memoria.

Además, todas las piezas necesarias para el montaje del sistema se fabrican en plástico ABS, completamente impreso con una impresora 3D, siendo la estructura principal una combinación de estas piezas y otras de madera.

Tras la finalización del conjunto, el sistema fue puesto en prueba en entorno real con resultados satisfactorios. Cabe decir que en todo el Trabajo se han seguido las directrices del Diseño para Todos, contando además con los usuarios finales en cada fase del mismo.

## Abstract

The final work degree exposed here is a part of the project Transition to the adult life - Adapted Board Game. It shows a game adapted for the C.E.E in the San Rafael hospital in Madrid, whose students have severe degrees of physical and cognitive disabilities.

The main objective of the project is based in the enhancement of the students skills, acquiring a correct social and emotional development, while getting entertainment at the same time, creating a system that meets those needs and with the lowest possible cost.

The complete system is like a dartboard, changing darts by ball. It is formed by a launchball system and a board or Target, both independent but both of them necessary for the correct development of the game. Each of these blocks have been described in a separated report in two different final Degree work. In this particular report, the Target subsystem is described, detailing the process of electronic and mechanic design and its implementation in the subsystem.

Both subsystems are designed to operate as a join system. The launchball has the function of throwing a ball towards the target, which will be handled by the students via a remote control. It has a button and a connection with a Jack port, allowing that the personal buttons of the students, adapted to their personal abilities, could be connected. To throw the ball, the subsystem follows a sequence that will run step by step by the students, by pressing the remote control buttons or their own buttons, and after four steps (Vertical movement /Horizontal movement / Activation of engines and shooting) the ball is launched.

The Target manages the update of the scores of the four players while playing the game. Everything about the player changes and the start or the end of the game, etc. will be conducted by the teacher with its help.

Both subsystems are controlled independently by two separated microcontrollers, being Arduino selected, which are programmed according to the needs and the requirements of the game and the electronic control annexed to it, that will be describe in this memory.

In addition, all the parts needed for the mounting of the system are manufactured in ABS plastic and completely printed with a 3D printer, being the main structure a combination of these pieces and a wood setup.

After the completion of the system, it was put into test in a real environment with satisfactory results. It is worth to be remarked that the design guidelines have been followed in all the work, taking into account the final users opinion and skills in every design phase.



# Capítulo 1.

## Introducción y objetivos

## 1.1 Introducción

### 1.1.1 Diseño para Todos

El diseño para todos es una filosofía de diseño que tiene como objetivo conseguir que los entornos, productos, servicios y sistemas puedan ser utilizados por el mayor número posible de personas.

Este modelo fue impulsado por el Instituto Europeo de Diseño (EIDD) y las políticas europeas de accesibilidad.

En España, la Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad, considera el Diseño para Todos como una herramienta para conseguir la Accesibilidad Universal, y lo define como:

*“La actividad por la que se concibe o proyecta, desde el origen, y siempre que ello sea posible, entornos, procesos, bienes, productos; servicios, objetos, instrumentos, dispositivos o herramientas, de tal forma que pueden ser utilizados por todas las personas, en la mayor extensión posible.”*

Por su parte, el Consejo de Europa ha emprendido varias iniciativas relacionadas con el Diseño para Todos, que han influido en el desarrollo de planes de estudio, fundamentalmente universitarios, que integran asignaturas y programas específicos en esta materia. El Diseño para Todos es considerado como una estrategia fundamental para promover los derechos y la plena participación de las personas con discapacidad en la sociedad para mejorar la calidad de sus vidas.

En lo que al trabajo respecta, éste se realiza completamente de acuerdo a esta norma. Además durante todo el desarrollo del trabajo, se consultaron diversos aspectos del diseño al personal del centro para obtener un producto final de calidad y que se adaptara a las necesidades de los alumnos lo máximo posible, lo cual también entra en la línea de esta filosofía.

#### Principios del Diseño para Todo

El diseño para Todos, se basa en 7 principios, que pueden ser usados para evaluar diseños existentes, como guía en el proceso de diseño y para educar tanto a diseñadores como consumidores sobre las características de entornos y productos de uso más fácil [1].

Los 7 principios son:

1. Uso equitativo. El diseño es útil y usable para personas con diversas capacidades.
2. Uso Flexible. El diseño se acomoda a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
3. Uso Simple e Intuitivo. El uso de diseño es fácil de entender, sin importar la experiencia, conocimientos, habilidades del lenguaje o nivel de concentración del usuario.

4. Información Perceptible. El diseño transmite la información necesaria de forma efectiva al usuario, sin importar las condiciones del ambiente o las capacidades sensoriales del usuario.
5. Tolerancia al Error. El diseño minimiza riesgos y consecuencias adversas de acciones involuntarias o accidentales.
6. Mínimo Esfuerzo Físico. El diseño puede ser usado cómoda y eficientemente minimizando la fatiga.
7. Adecuado Tamaño de Aproximación y Uso. Proporciona un tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, independientemente del tamaño corporal, postura o movilidad del usuario.

#### 1.1.2 El colegio San Rafael

El Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael, es un Centro perteneciente a la Orden de Hermanos de San Juan de Dios que acoge a alumnos con discapacidad motora, intelectual y otros trastornos asociados.



Fig. 1. C.E.E. San Rafael

En él se da un tratamiento integral que abarca aspectos pedagógicos, motóricos, de comunicación, psicológicos, salud, alimentación, aseo e higiene.

La oferta pedagógica del Centro abarca las Etapas Educativas de:

- Educación Infantil (3-6 años).
- Educación Básica Obligatoria (6-16 años).
- Programas de Transición a la Vida Adulta (16-21 años).

El Centro está organizado en salas que muestran en cada puerta un pictograma explicativo sobre la actividad que se desarrolla en su interior, de manera que los niños asocien el dibujo a la clase.

El complejo cuenta con talleres y actividades para desarrollar las capacidades de los alumnos y ofrecerles momentos de ocio para su disfrute, a la vez que estimulan sus sentidos. Algunas actividades son:

- Taller de juego.
- Deportes adaptados.
- Taller de emociones.
- Taller de ayudas técnicas, comunicación, ocio autónomo, etc.

## 1.2 Objetivos

Este proyecto, Diana Adaptada, está orientado a proporcionar una actividad para el desarrollo del ocio de los alumnos más mayores del Colegio de educación especial San Rafael de Madrid. Al llegar a edades por encima de los 14 años, estos alumnos suelen tener menos ayudas técnicas adaptadas a su edad, en especial las relacionadas con sus momentos de ocio. El profesorado del Colegio transmitió esa necesidad al GDAF-UC3M, Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid. Desde hace años, existe una relación entre ambas instituciones en el marco de la cual se realizan trabajos finales de grado que terminan utilizándose en el Colegio [2].

Algún ejemplo de juego adaptado a la vida real para estas edades, es el tiro con arco. Es un deporte que puede ser practicado por usuarios de sillas de ruedas, pero siempre que conserven indemnes los miembros superiores. En esta actividad, se pueden utilizar disparadores para asistir al tirador con déficits de presión, soportes para muñecas y codos para estabilizar estas articulaciones en tetrapléjicos, soportes para bipedestación. Hay dispositivos bucales para ser usados por pacientes con hemiplejías y también hay descritas adaptaciones con dispositivos terminales en protetizados de miembro superior.

En los deportistas ciegos se utiliza un sistema denominado IRIS (Imagen Reemplazada por Indicación Sonora) que está compuesto por varios aparatos muy sofisticados que informan con indicación sonora sobre la colocación de la diana. Consta de un emisor de infrarrojos colocado debajo de la diana, un receptor de infrarrojos situado en el arco, una unidad de cintura donde se transforma la señal electrónica del visor en señal acústica y unos auriculares [9].

Otro ejemplo es la BDDA (Asociación de Discapacidad de Dardos Británica), donde se presentó una nueva altura de diana de 137 cm, recomendada para los usuarios de sillas de ruedas. El objetivo es que los usuarios de sillas de ruedas puedan competir sin restricciones con los demás usuarios. El sistema consiste en un panel de rotación, donde en cada cara va anclada una diana, una a altura convencional (173cm) y otra a la nueva altura (137cm); permitiendo así un ajuste rápido y fácil entre los jugadores [10].

Se han expuesto los ejemplos anteriores, por tener relación al poseer una diana, al igual que en este proyecto.

Como se puede ver, en la vida real existen pocos juegos de ocio para personas con discapacidades de edades mayores de 14 años. Y los que hay, no cubren las necesidades que se



buscaban desde el colegio. Por ejemplo en el juego expuesto arriba no cumple el diseño para todos puesto que es necesario que los usuarios conserven la movilidad de los miembros superiores.

Al contrario, este proyecto, Diana adaptada si cumple con la condición de diseño para todos, y es accesible para todos los usuarios.

Por ello, para conseguir desarrollar esta ayuda técnica se pretende desarrollar un sistema basado en el típico juego de Diana, que entretenga y sea capaz de desarrollar las capacidades de los alumnos, así como para la adquisición de un desarrollo emocional y social.

El sistema en particular, consta de dos partes: Lanzabolas y Diana.

La función del Lanzabolas es lanzar bolas mediante una secuencia hacia la Diana. Esta parte del proyecto está explicada por Eduardo Tamayo Moreno en la memoria de su Trabajo Fin de Grado, presentada en esta misma convocatoria (2).

En cuanto a la Diana, esta se compone de 5 aros, donde cada aro lleva asignada una puntuación distinta. Para que cumpla con los objetivos anteriores y sea un Diseño para Todos, en la Diana se ha implementado:

- Pantalla LCD.
- Display BCD.
- LEDs alrededor de toda la diana.
- Sistema de sonido.

Cada implementación anterior, se explicará posteriormente en el documento.

### 1.3 Especificaciones del sistema

Como se ha comentado en el apartado anterior, el sistema se compondrá de dos partes independientes entre sí: un Lanzabolas y una Diana. Las especificaciones de funcionamiento y dimensiones vienen impuestas por el personal del Colegio de San Rafael.

#### 1.3.1 Especificaciones mecánicas

Según el 7º principio de Diseño para Todos (*Adecuado Tamaño de Aproximación y Uso*), se consensuaron las dimensiones de la estructura de la diana 100x100x11 cm con el personal del Colegio de San Rafael.

Y tras varias ideas sobre las necesidades y requerimientos, se pensó en las partes que compondrían el conjunto de la sub-diana, todas ellas consensuadas con el personal del Colegio.

##### - **Pantalla LCD**

Pantalla LCD 16x2 implementada en la diana, cuya función es indicar la puntuación actual de los 4 jugadores que componen la partida. Además de mostrar mensajes de inicio de partida y de victoria.

- **Display BCD**

Display BCD 7 segmentos cuya función es mostrar el número de jugador al que le toca tirar en el turno actual.

- **LEDs**

La diana contiene 8 LEDs alrededor del aro más grande, los cuales se iluminan cuando se pulsa un aro de la misma. Dependiendo del aro pulsado, la velocidad de parpadeo de los LEDs es mayor o menor. El principal objetivo es llamar la atención a los usuarios una vez que consiguen una puntuación.

- **Sistema de Sonido**

El sistema de sonido se compone de un altavoz y un módulo de sonido donde va integrada una tarjeta SD con los sonidos a reproducir.

La función del sistema de sonido es reproducir todas las puntuaciones que se vayan obteniendo para cada uno de los 4 jugadores. Además de reproducir mensajes de inicio de juego y de victoria.

- **Sistema de Pulsación**

Es el sistema principal de la Diana, de él depende el funcionamiento de la misma. Mediante amortiguadores ubicados en la parte de detrás de cada aro (se explicará en profundidad posteriormente) y montando un pulsador en cada amortiguador, se detecta una puntuación u otra dependiendo de cuál esté pulsado en ese momento.

Finalmente, mencionar que el Sistema de Sonido y LEDs fueron los sistemas que más importancia se dieron por el personal del Colegio de San Rafael, ya que por medio de estos sistemas, nuestro producto era accesible para todos. En efecto, es la interfaz de comunicación con el usuario final de esta parte del Proyecto, y junto con la interfaz de actuación en el bloque lanzabolas, es la que hace crítica la usabilidad del sistema.

### 1.3.2 Especificaciones funcionales

El funcionamiento de la Diana es el siguiente, consensado con el personal del Colegio, es el siguiente:



Primero, para poner en marcha la Diana, se tiene que conectar la Diana con el cargador/transformador a la red. Una vez conectada, se pulsa el botón de encendido que se encuentra en el lateral de la misma.

Una vez pulsado el botón de encendido, la pantalla LCD mostrará un mensaje de inicio, quedando la diana en espera a que se pulse el botón de cambio de jugador (Botón de selección).

Entonces para el comienzo de la partida, se pulsa el botón de selección. Se encenderá así, la pantalla LCD con todos los jugadores y sus puntuaciones a 0; y el display BCD, mostrando un “1”, para indicar que el turno es del primer jugador.

Una vez llegado a ese punto, la Diana se encuentra en estado de espera hasta que una bola lanzada por el lanzabolas, golpee un aro. Una vez que la bola golpea un aro, el pulsador interno lo detecta y se lanza un mensaje acústico, indicando la puntuación obtenida y el jugador que lo ha conseguido. Además a la par parpadean los LEDs, con mayor o menor frecuencia, dependiendo de si la puntuación es mayor o menor.

Una vez que se apaguen los LEDs, la Diana vuelve a estar lista para pasar al siguiente jugador pulsando el botón de selección. Ahora el display BCD indicará un 2, y así sucesivamente hasta 4.

Finalmente, ganará el jugador que antes llegue a 20 puntos. Una vez que gane se dará un mensaje de victoria acústico y se mostrará visualmente por la pantalla LCD.

La puntuación obtenida en cada tirada va de 1 a 5 puntos.

### 1.3.3 Requerimientos finales

La siguiente tabla recoge el conjunto final de especificaciones a tener en cuenta en el diseño y construcción de la Diana.

DIANA	
Dimensiones	100x100x11 cm.
Colores de diseño	Azul toda la carcasa exterior. Verde y rojo los aros.
Puntuaciones	De 5 puntos a 1 punto. Siendo el del centro la puntuación más alta.
Modo de Funcionamiento	Guiado y secuencial.
Duración de Leds	Depende del aro pulsado. Conforme se va acercando al centro, el parpadeo de Leds es de mayor frecuencia.
Sonidos	Mensajes de bienvenida, cambio de jugador y victoria. Además de indicar cada puntuación obtenida en cada jugador.
Alimentación	Conectado a la red, mediante un cargador de 9V.

Tabla 1. Requerimientos del sistema

## 1.4 Fases del proyecto

Las fases por las que fue atravesando el proyecto durante su diseño y construcción, quedan recogidas en la siguiente figura (Fig. 2) que muestra el diagrama de Gantt del mismo [8].

Se han puesto las tareas del lanzabolos y diana en diferentes colores para diferenciar ambos sistemas, pero destacar que ambos sistemas han sido realizados por los dos autores, Eduardo Tamayo Moreno y Cristian Vázquez Ramos. No obstante, a la hora de redactar la memoria cada uno ha procedido a centrarse en uno de los sistemas. Se destaca también que aparecen como “primer correo”, “segundo correo”, etc., los contactos llevados a cabo con el Colegio, a fin de mantener constantemente los criterios de Diseño dentro de las especificaciones y requerimientos que ellos hacían. Esto entronca totalmente con la línea del Diseño para Todos, prestando atención a los usuarios finales en todas las fases de Diseño para evitar problemas posteriores de más difícil solución.

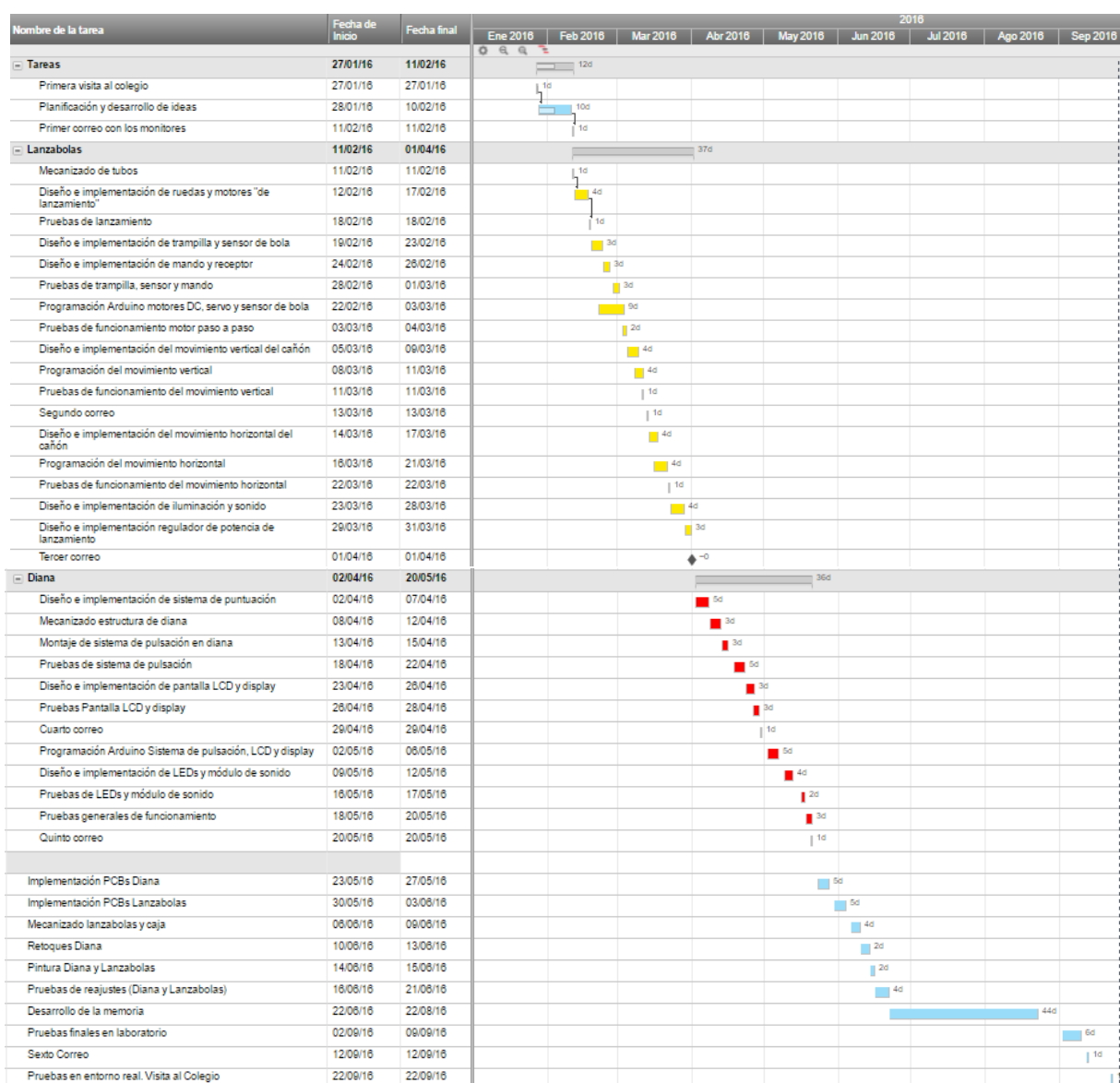


Fig. 2. Diagrama de Gantt

## 1.5 Medios utilizados

El Trabajo Fin de Grado se ha realizado especialmente en el laboratorio 1.2.C12 perteneciente al GDAF-UC3M del Departamento de Electrónica en la Universidad Carlos III de Madrid.

Para la realización del mismo se han usado principalmente las herramientas de dicho laboratorio, entre las que destacan:

### Para la parte de electrónica:

- Osciloscopio.
- Multímetro.
- Puesto de soldadura (Soldador, estaño, esponjas, des-soldador).
- Fuente de Alimentación.
- Útiles de corte y sujeción: alicates, pelacables, tenacillas de corte.
- Taladro (En el laboratorio de técnicos del Departamento de Tecnología Electrónica).
- Software: Orcad para el diseño de PCBs.
- Placas Protoboard.

Aparte de los mencionados anteriormente, también se han utilizado componentes electrónicos como resistencias, condensadores, transistores, reguladores y diodos, disponibles en ambos laboratorios.

### Para la parte mecánica:

- Impresora 3D BQ Witbox 2.
- Plástico ABS en diferentes colores (Blanco, Rojo, Verde y Naranja).
- Acetona y laca
- Dremel 4000 y sus accesorios. Utilizada para taladrar, cortar y limar.
- Destornillador eléctrico y manual.
- Alicates.
- Calibre y regla.
- Pistola de pegamento termofusible.
- Software: FreeCAD para el diseño de piezas.
- Sierra de calar.

También se ha hecho uso de medios propios que se han ido adquiriendo a medida que se iban requiriendo o de los que ya se disponía como:

- Pintura en spray.
- Madera de contrachapado de 4 y 7mm.
- Madera de Roble.
- Grasa.

## 1.6 Descripción de la presente memoria

La presente memoria presenta partes comunes con el trabajo de Eduardo Tamayo (2) debido a que el proyecto se ha realizado conjuntamente. No obstante, se resaltan aquí las diferencias, especialmente al centrar esta memoria en el bloque de la diana.

En el **Capítulo 1. Introducción**, se ha descrito el concepto *Diseño para Todos* debido a la relación del proyecto con el mismo. Además se ha presentado el colegio, él porque surge la necesidad de desarrollo del proyecto en base a unos objetivos, los requerimientos que debe cumplir, y los materiales empleados para la consecución del mismo.

El **Capítulo 2. Diseño del Sistema**, se describe de forma general el sistema completo. Posteriormente se centra en la parte de la diana, basándose en su diseño mecánico, diseño a nivel de hardware y diseño a nivel de software.

El **Capítulo 3. Implementación y pruebas iniciales**, comienza describiendo detalladamente el proceso de construcción mecánico de la diana. Seguidamente se explica cómo se ha llevado a cabo la implementación de la electrónica, desde su diseño hasta su implementación final en PCBs; y cómo se ejecutan las primeras pruebas de funcionamiento.

El **Capítulo 4. Resultados experimentales e implementación final**, centra total atención a la fase de pruebas para validar el buen funcionamiento de la diana. Primero empieza por las pruebas realizadas en el laboratorio, hasta acabar con las pruebas llevadas a cabo en el colegio.

Por último, en el **Capítulo 5. Conclusiones y posibles líneas futuras**, se resalta la consecución de los objetivos logrados para dejar paso a las conclusiones personales. Además como subapartado, se plantean algunas posibles mejoras para la actual diana.

Y en los **Anexos**, se incluirán un manual de usuario, donde se explicará todos los pasos necesarios que debe seguir el usuario para el uso de la diana; unos planos de piezas construidas; así como un esquemático de todos los circuitos, el programa del microcontrolador y enlaces a hojas de características de componentes.



# Capítulo 2.

## Diseño del sistema

## 2.1 Diseño del sistema completo: visión general

Como se ha ido contando a lo largo del proyecto, este consta de dos bloques: *Lanzabolas* y *Diana*.

Ambas partes se pueden ver en el siguiente esquema:

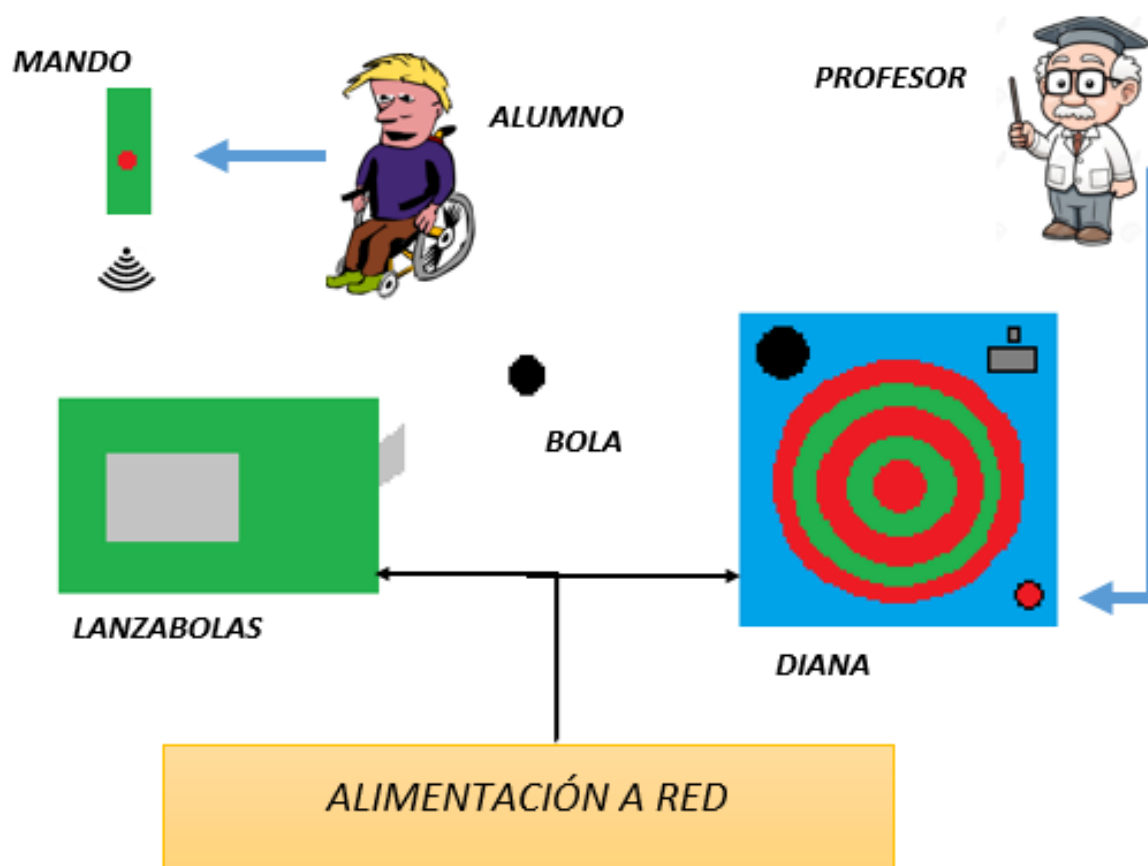


Fig. 3. Esquema funcionamiento del sistema

El bloque del *Lanzabolas* se detalla en profundidad en el trabajo de Eduardo Tamayo Moreno (2), mientras que en la presente memoria se explicará en profundidad el bloque *Diana*.

Para el diseño general de todo el sistema se ha tenido en cuenta que éste debe presentar un funcionamiento simple y visual, y ser así entendible para todos los usuarios.

## 2.1 Diseño de la diana

Para que la Diana sea útil para el colegio y por tanto cumpla un “Diseño para Todos”, esta debe cumplir unos requisitos principales como:

- Tamaño: Debido a que el lanzador se va a situar aproximadamente a unos 3 metros de distancia sobre la diana, para que el usuario pueda puntuar sin mucha dificultad, se ha diseñado una estructura de dimensiones (100x100x11cm). De esta forma se obtiene más rango para apuntar, además de tener bien diferenciados los cinco aros con su correspondiente puntuación cada uno. Era requisito del Colegio que los alumnos se motiven con el juego, puntuando con facilidad y al mismo tiempo obligando a aumentar la destreza para obtener la máxima puntuación.
- Sonido: Toda la puntuación y el desarrollo del juego es descrito mediante mensajes de voz, por lo tanto, el juego es capaz de seguirse acústicamente.
- Visual: Se han incorporado LEDs alrededor de último aro de la diana para resaltar que se ha puntuado una puntuación u otra dependiendo de la frecuencia de parpadeo; el parpadeo de LEDs está consensuado con el centro. Además de presentar una pantalla LCD y un display BCD para indicar las puntuaciones de cada jugador así como el turno de jugador actual.

Estos requisitos, concretamente la parte de interfaz Sonido y Visual, son los más importantes para que el sistema cumpla un “Diseño para Todos”.

### 2.2.1 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico de la diana, se han tenido en cuenta varias restricciones impuestas desde el colegio.

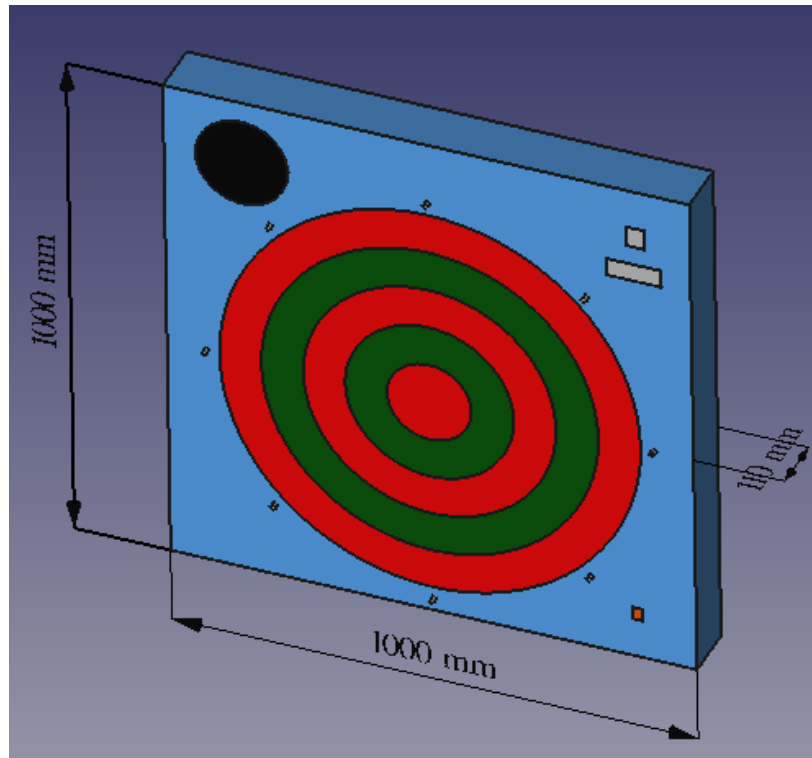
- Debía tener unas dimensiones grandes para facilitar el desarrollo del juego.
- Tenía que estar compuesto entre 4 y 5 aros de puntuaciones. Con este número nos asegurábamos que hubiera puntuaciones suficientes y además que no fuera muy complejo el juego.
- Debía de ser ligero, por lo que se optó por realizar la estructura de contrachapado, debido a la ligereza de este material.
- Tenía que ser muy visual y acústico, por lo que se implementa un altavoz, LEDs pantalla LCD y display BCD.

En este apartado se describen los motivos que llevaron al diseño final de la parte mecánica.

#### Diseño exterior

La estructura de la Diana es un paralelepípedo de contrachapado de dimensiones 100x100x11 cm, donde en la cara frontal se encuentran el altavoz, el pulsador, la pantalla LCD, el display BCD, los LEDs y los 5 aros de puntuación. En la siguiente imagen (Fig. 4) se muestra un

croquis con las dimensiones generales del subsistema tal como fue diseñado por el autor de esta memoria y consensuado con el Colegio.



*Fig. 4. Croquis diana*

Además para entender el diseño se avanza una foto final de la misma (Fig. 5).



*Fig. 5. Diana final*



En el lateral derecho de la estructura, se ha incorporado el interruptor On/Off y la conexión a alimentación (Fig. 6).



*Fig. 6. Interruptor On/Off y conexión alimentación*

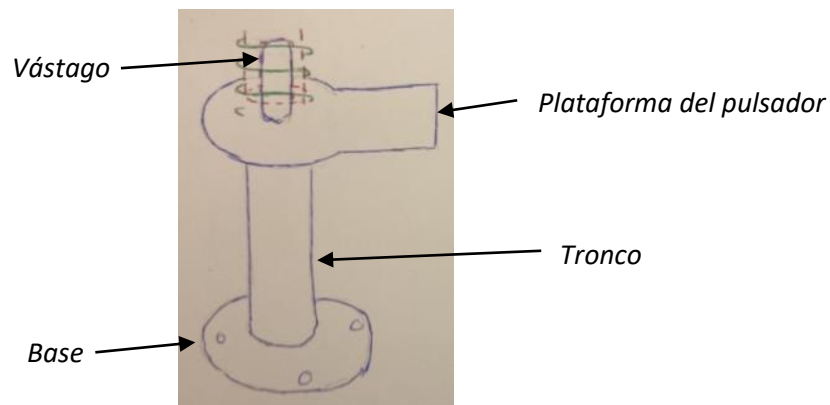
### **Diseño interior**

Debido a la necesidad de tener que contabilizar cada puntuación una vez que la pelota golpea un aro, se pensó en instalar unos pulsadores justo detrás de cada aro.

Para la instalación de estos pulsadores, se pensó en el diseño de unas piezas que pudieran sujetar dichos pulsadores y a la vez hicieran el papel de amortiguador para el aro.

En las siguientes imágenes, se muestran los primeros bocetos realizados del diseño de las piezas para su posterior diseño en 3D.

Primero se muestra la pieza A, la cual está compuesta por una plataforma donde van los pulsadores, un vástago (cilindro) que penetrará en la pieza B, el tronco de la pieza y la base de la pieza que va atornillada por dentro a la cara trasera de la diana (Fig. 7).



*Fig. 7. Boceto pieza A*

La siguiente imagen (Fig. 8) muestra el boceto de la pieza B, la cual se compone de la base de la pieza que va atornillada a la parte trasera de cada aro, y el vástago exterior, donde va el muelle que hace de amortiguador junto con la pieza A.

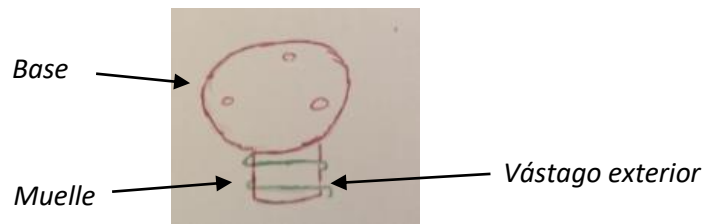


Fig. 8. Boceto pieza B

Y el boceto de la unión de ambas piezas (Fig. 9).

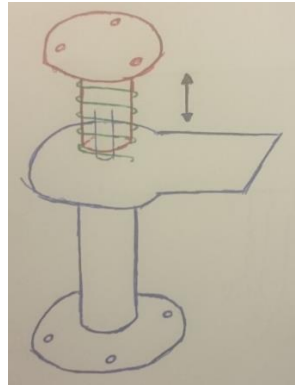


Fig. 9. Boceto unión pieza A y B

Con estas ideas recogidas en ambos bocetos, se realizó un diseño específico que fue impreso más adelante usando la impresora BQ Witbox. Las piezas se diseñaron utilizando el programa FreeCad, que se aprendió a utilizar durante el desarrollo del proyecto [4].

Tras realizar el diseño de la pieza A e imprimirlo posteriormente se comprobó que la impresora no era capaz de realizar la pieza adecuadamente, por lo que se decidió dividir la pieza en 2 y luego juntarlas mediante tres tornillos con sus tuercas correspondientes.

De este modo, se consiguió imprimir la pieza A adecuadamente (Fig. 10).

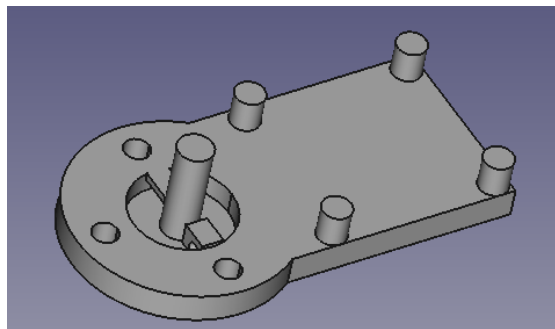


Fig. 10. Diseño FreeCad pieza A-1

Como podemos ver en el diseño final de la pieza A-1 se colocó en la plataforma del sensor 4 topes, cuya función es atornillar la placa de puntos donde va soldado el pulsador, además de dejar un hueco entre la plataforma y el sensor para pasar los cables.

Por otro lado, se incorporó al lado del vástago un soporte con un hueco para fijar el muelle, impidiendo así que no se separen pieza A y pieza B.

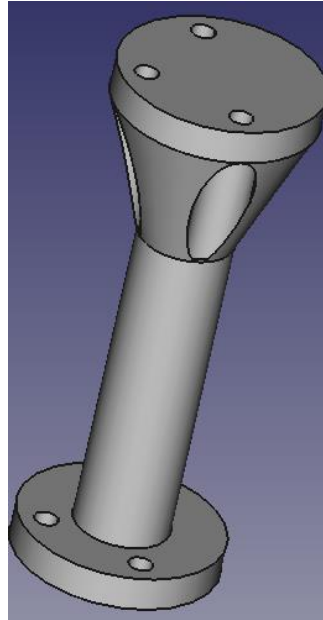


Fig. 11. Diseño FreeCad pieza A-2

Es la otra parte de la pieza A (Fig. 11), y se compone de la base superior, la cual va atornillada a la pieza A-1 del tronco, y de la otra base, que va atornillada a la parte trasera interior de la Diana.

En cuanto a la pieza B, se realizó el siguiente diseño (Fig. 12),

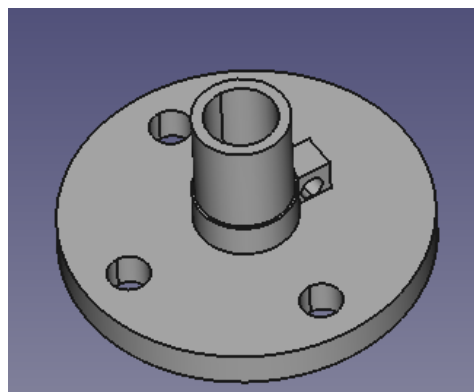


Fig. 12. Diseño FreeCad pieza B

Este diseño de la pieza B se compone de la base que va atornillada a la parte trasera de cada aro, el vástago exterior, donde va fijo el muelle, y un soporte a su lado para fijarlo.

Cabe mencionar que para llegar a estos diseños y que el sistema completo (Amortiguador + pulsador) funcionara correctamente se tuvieron que realizar diversas impresiones hasta llegar al sistema óptimo.

Una vez conseguido el sistema óptimo, la impresión de cada conjunto amortiguador, fue la siguiente (Fig. 13):



Fig. 13. Conjunto amortiguador. Piezas A y B

## 2.2.2 Diseño hardware

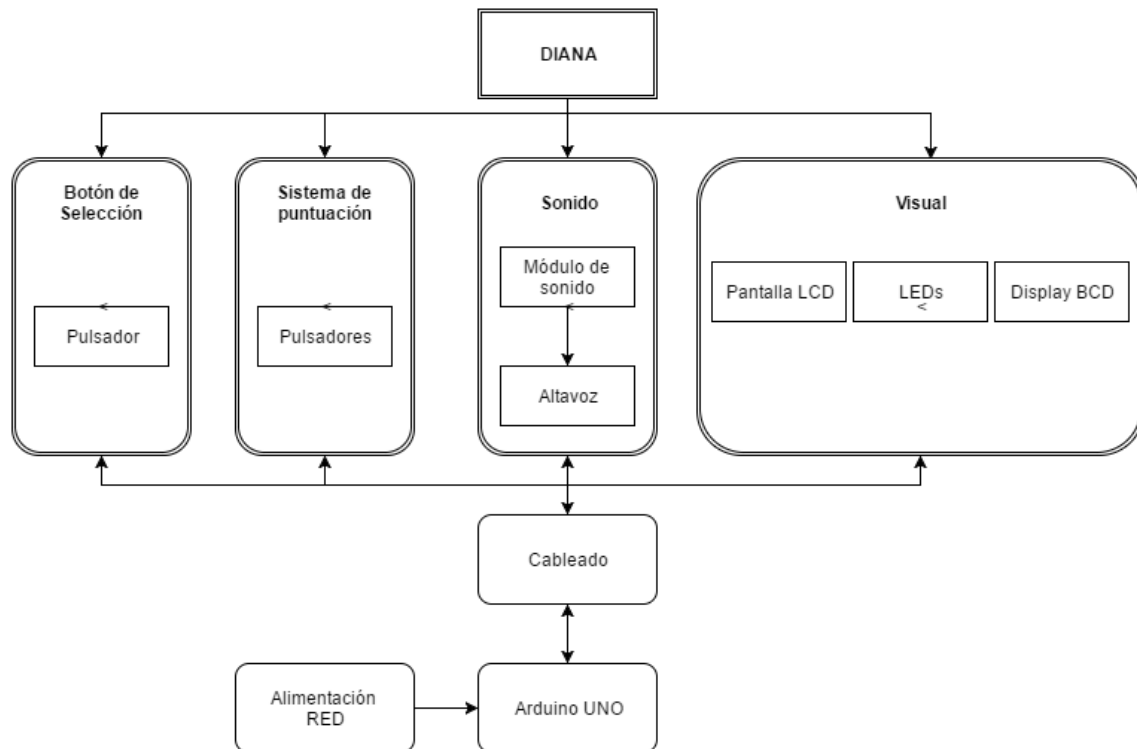


Fig. 14. Esquema diseño hardware

Toda la parte electrónica citada anteriormente va integrada dentro de la estructura de la Diana (Fig. 14).

En los siguientes apartados se entra en detalle acerca del funcionamiento de todas las partes que componen el sistema de hardware.

### Botón de Selección

El botón de selección se trata de un pulsador conectado al Arduino, cuya función es cambiar de jugador o iniciar una partida una vez está encendida la Diana.



Fig. 15. Botón de selección

### Esquema de conexión

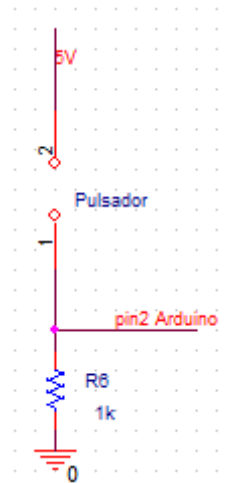


Fig. 16. Esq. Conexión Botón de selección

Como se puede observar en el esquema de conexión (Fig. 16) el pulsador está conectado a una tensión de 5 V con una resistencia en serie de  $R=1\text{ k}\Omega$ , por lo que la intensidad que pasa por el pulsador es de:  $I = \frac{V}{R} = \frac{5V}{1\text{ k}\Omega} = 5\text{ mA}$ . Y tras comprobar el datasheet del pulsador (Tabla 2):

Corriente nominal	50 mA a 12 Vdc
Resistencia de contacto	100 mΩ máx
Resistencia de aislamiento	10 mΩ a 500 Vdc
Rigidez dieléctrica	250 Vac/1 min
Temperaturas de funcionamiento	-25°C a +70°C
Vida útil eléctrica	10 <sup>5</sup> operaciones
Soldadura de onda	250°C máx durante 5 seg. (PCB: 1,6 mm de grosor)

Tabla 2. Especificaciones pulsador

se ve que la corriente nominal que soporta el pulsador es mayor que la que presenta nuestro circuito.

### Sistema de puntuación

Para realizar el sistema de puntuación sobre los 5 aros disponibles, se ha fijado un número de pulsadores para cada aro. El número de pulsadores se ha calculado en base al área ocupada por cada aro y a su distribución, de modo que siempre se pulse adecuadamente alguno con el impacto de la bola.

La siguiente tabla muestra el número de pulsadores en función de cada aro (Tabla 3).

Aro	Nº de pulsadores
Aro de 1 punto	8
Aro de 2 puntos	6
Aro de 3 puntos	4
Aro de 4 puntos	3
Aro de 5 puntos	2

Tabla 3. Nº pulsadores en cada aro

En la tabla se muestran los aros ordenados de mayor a menor área. La distribución de algunos de ellos se puede ver en la Figura 17.



Fig. 17. Pulsadores en los aros correspondientes a las puntuaciones de dos (izquierda) y tres puntos (derecha)

## Esquema de conexiones

- Aro de 1 punto

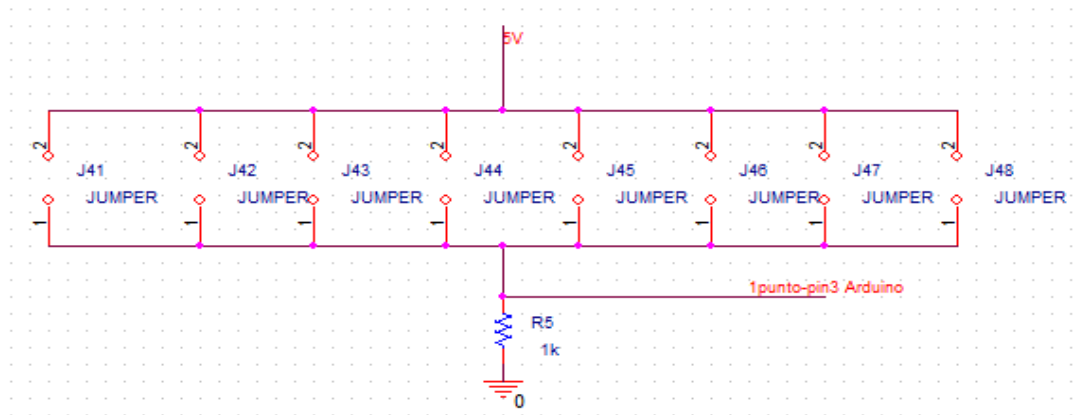


Fig. 18. Esq. conexiones en aro 1 punto

- Aro de 2 puntos

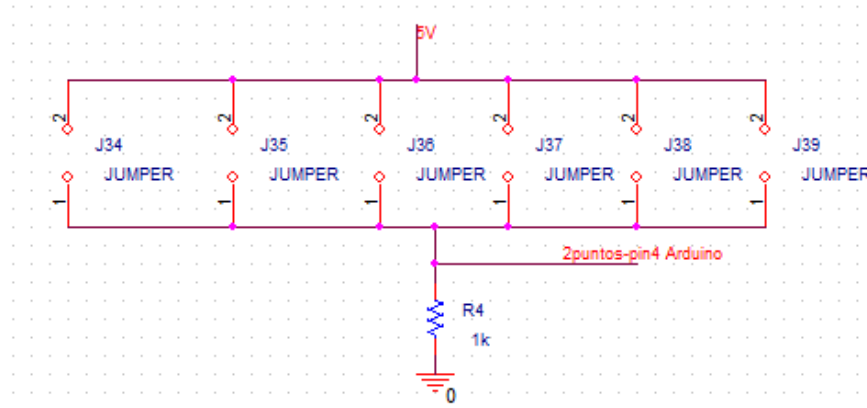


Fig. 19. Esq. conexiones en aro 2 puntos

- Aro de 3 puntos

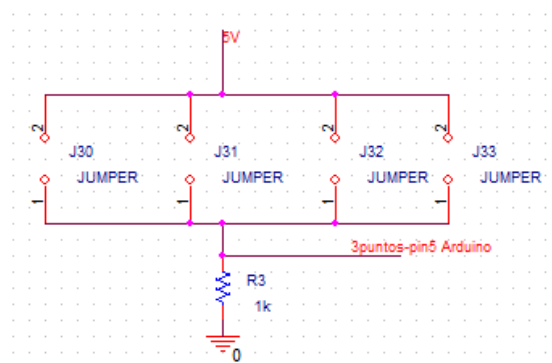


Fig. 20. Esq. conexiones en aro 3 puntos



- Aro de 4 puntos

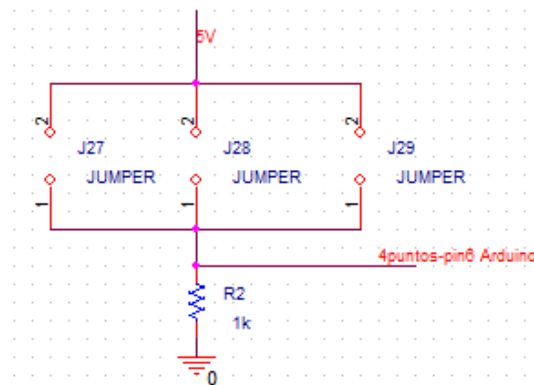


Fig. 21. Esq. conexiones en aro 4 puntos

- Aro de 5 puntos

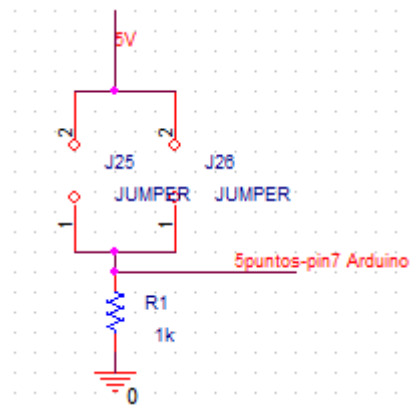


Fig. 22. Esq. conexiones en aro 5 punto

Como se puede observar, en todas estas conexiones (Figuras 18 a 22) el sistema es idéntico al del botón de selección.

La diferencia es que dependiendo del aro que se trate, hay mayor o menor número de pulsadores en paralelo.

El motivo por el que los pulsadores de un mismo aro se ponen en paralelo, es que en el momento en el que un pulsador esté accionado, éste cierra el circuito, proporcionando así la puntuación mediante la conexión al Arduino.

En los esquemáticos, cada jumper representa un pulsador y en todas las conexiones la resistencia en serie es de  $R=1k\Omega$ . Fijando así una corriente máxima por pulsador de:

$$I_{total} = V/R = 5V/1k\Omega = 5mA$$

En el caso de haber más de un pulsador accionado en un mismo circuito, la intensidad que pasa por cada uno de ellos es menor, haciendo más robusto el sistema en este sentido. Es en concreto de:

$$I_{pulsador} = \frac{I_{total}}{n^{\circ} \text{ de pulsadores accionados}}$$

Y tras comprobar el datasheet del pulsador (Tabla 2), al igual que en el caso del botón de selección,



Fig. 23. Pulsador

la corriente que pasa por cada pulsador (Fig. 23) es inferior a la corriente nominal de 50 mA, por lo que los pulsadores soportan la corriente de nuestro circuito.

## Sonido

El sistema de sonido consta de dos partes: el módulo de sonido y el altavoz. Primero, se analizará el módulo de sonido.

### Módulo de Sonido

El módulo de sonido empleado es el **DFPlayer Mini** (Fig. 24).

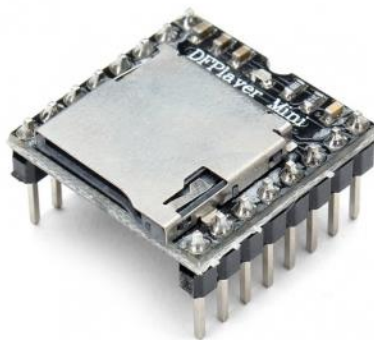


Fig. 24. Módulo de sonido. DFPlayer Mini

Se trata de un módulo MP3, con amplificación para conectar directamente al altavoz. El módulo puede ser utilizado como un módulo independiente con una batería, altavoz y botones o se puede utilizar en combinación con Arduino o cualquier otro con capacidad de transmisión RX/TX. Los sonidos se almacenan en una tarjeta SD y se reproducen mediante secuencias programadas en el microcontrolador.

### Especificaciones

- Soporta formatos estándares de audio como MP3, WAV Y WMA.
- Soporta frecuencias de muestreo (kHz): 8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48.
- Salida del DAC de 24 bits, soporta rango dinámico: 90dB, apoyo SNR: 85dB.
- Sistemas de archivos FAT16, FAT32 y tarjetas de hasta 32G.
- Se puede controlar por comandos seriales, señales digitales.

- Organización de archivos por carpeta. Soporta hasta 100 directorios y 255 pistas por directorio.
- 30 niveles de volumen y 6 -niveles de ecualización EQ

### Pines

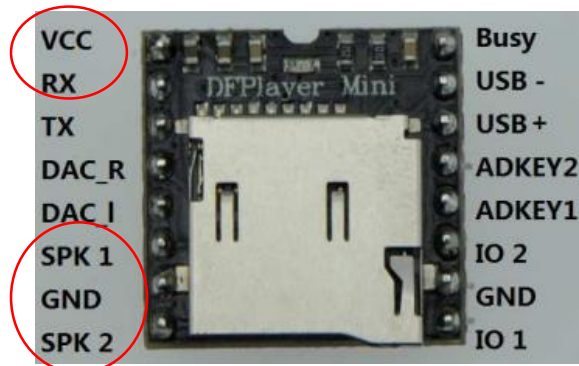


Fig. 25. Pines módulo DFPlayer Mini

No	Pin	Description	Note
1	VCC	Input Voltage	DC3.2~5.0V;Type: DC4.2V
2	RX	UART serial input	
3	TX	UART serial output	
4	DAC_R	Audio output right channel	Drive earphone and amplifier
5	DAC_L	Audio output left channel	Drive earphone and amplifier
6	SPK2	Speaker-	Drive speaker less than 3W
7	GND	Ground	Power GND
8	SPK1	Speaker+	Drive speaker less than 3W
9	IO1	Trigger port 1	Short press to play previous ( long press to decrease volume )
10	GND	Ground	Power GND
11	IO2	Trigger port 2	Short press to play next ( long press to increase volume )
12	ADKEY1	AD Port 1	Trigger play first segment
13	ADKEY2	AD Port 2	Trigger play fifth segment
14	USB+	USB+ DP	USB Port
15	USB-	USB- DM	USB Port
16	BUSY	Playing Status	Low means playing \High means no

Tabla 4. Descripción de pines DFPlayer Mini

En nuestro caso, se va a conectar el módulo con el Arduino. Se ha escogido especialmente este módulo de sonido por su complicidad de conexión con el microcontrolador, además de presentar potencia suficiente para nuestro sistema y poseer un precio reducido.

Se utilizarán los pines redondeados en rojo (Fig. 25 y Tabla 4), donde VCC (1) y GND (7) se conectan a 5V y masa respectivamente para alimentar el módulo DFPlayer Mini.

Por otro lado, se utiliza el pin RX (2) para mandar los datos de la tarjeta SD al Arduino, y los pines Speaker + (8) y Speaker – (6) para conectar el altavoz a nuestro módulo.

### Esquema de conexiones

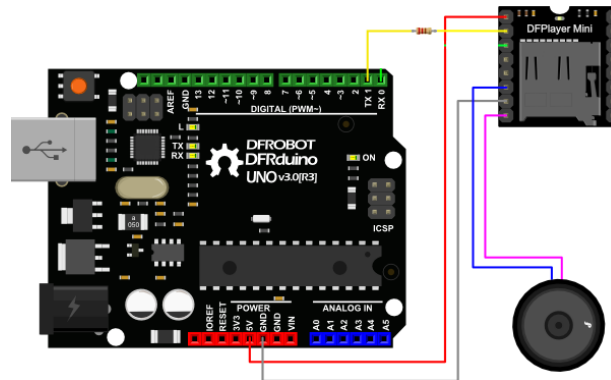


Fig. 26. Esquema de conexiones DFPlayer Mini

Como se puede observar la conexión del módulo con el Arduino se realiza mediante la conexión RX/TX (Fig. 26).

La conexión RX/TX se trata de una comunicación serie, donde un puerto serie envía la información mediante una secuencia de bits (Fig. 27).

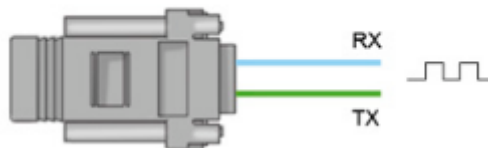


Fig. 27. Conexión RX/TX

- RX= Recepción.
- TX= Transmisión.

De esta forma, podemos enviar la información del módulo al Arduino.

Por otro lado, las conexiones restantes son la alimentación (5V y GND tomadas directamente del Arduino) y la conexión con el altavoz.

#### *Altavoz*

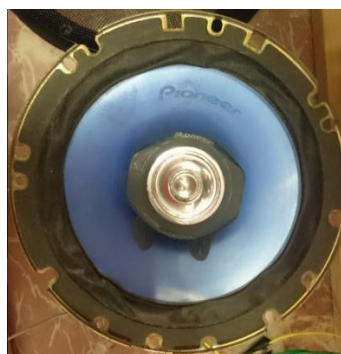


Fig. 28. Altavoz Pioneer TS-1755

Se ha escogido el altavoz de un vehículo (Fig. 28), reciclado de mi antiguo coche, debido a sus características de potencia y volumen requeridos y su compatibilidad con el módulo DFPlayer Mini.

Las características que presenta el altavoz son las siguientes:

- 130 W MAX
- 35 W NOMINAL
- 4Ω de IMPEDANCIA

### Mensajes de audio

Una vez entendido el funcionamiento del módulo de sonido y realizado todo el conexionado correspondiente, queda incluir todos los mensajes correspondientes para su posterior reproducción en el programa de Arduino.

La creación de los mensajes de audio, se realizó con el programa Text Aloud, perteneciente a NextUp Technologies, LLC. Se trata de un programa que utiliza síntesis de voz para convertir textos en audio hablado en diversos idiomas.

La siguiente tabla muestra los mensajes creados para su uso en la Diana (Tabla 5).

Nombre Audio	Definición
0001_1punto	Mensaje cuando la bola toca el aro de 1 punto
0002_2punto	Mensaje cuando la bola toca el aro de 2 punto
0003_3punto	Mensaje cuando la bola toca el aro de 3 punto
0004_4punto	Mensaje cuando la bola toca el aro de 4 punto
0005_5punto	Mensaje cuando la bola toca el aro de 5 punto
0006_Jugador1	Mensaje de enhorabuena a jugador 1
0007_Jugador2	Mensaje de enhorabuena a jugador 2
0008_Jugador3	Mensaje de enhorabuena a jugador 3
0009_Jugador4	Mensaje de enhorabuena a jugador 4
0010_C_Jugador1	Mensaje de cambio de turno a jugador 1
0011_C_Jugador2	Mensaje de cambio de turno a jugador 2
0012_C_Jugador3	Mensaje de cambio de turno a jugador 3
0013_C_Jugador4	Mensaje de cambio de turno a jugador 4
0014_MensajeBienvenido	Mensaje inicial de bienvenida al encender la diana
0015_TonoVictoria	Tono que suena cuando un jugador gana la partida
0016_PulseBotón	Mensaje para iniciar la partida

*Tabla 5. Descripción de mensajes de audio*

Para su correcta compatibilidad con el módulo de sonido, los mensajes anteriores se han creado en formato .mp3. Además, para su reproducción, todos los mensajes se han nombrado con 4 dígitos numerados en orden y con ceros a la izquierda; y se han guardado en la tarjeta SD bajo una carpeta llamada “mp3”.

Estos son requisitos indispensables para la correcta reproducción de los mensajes de audio.

Tras guardar adecuadamente todos los mensajes de audio, para poder reproducirlos, se ha incluido en el programa de Arduino la librería *DFPlayer\_Mini\_Mp3.h*, y se ha llevado a cabo la siguiente configuración inicial (Fig. 29):

```
mp3_set_serial (Serial); //Activamos el puerto serie para el modulo de sonido DFPlayer-mini mp3
delay(1);
mp3_set_volume (15); //Configuracion del volumen del sonido (0~30)
```

Fig. 29. Configuración Sonido

Y con la sentencia *mp3\_play (X)*, insertada en cada parte correspondiente del programa del Arduino, siendo X el número de audio correspondiente, se reproduce cada mensaje en su momento adecuado. La siguiente imagen (Fig. 30) muestra un ejemplo de reproducción.

```
mp3_play (16); //Reproduccion de la cancion 0016 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
```

Fig. 30. Sentencia play sonido

## Visual

Es uno de los bloques más importantes junto al bloque de sonido para el “*Diseño para todos*”. Consta de tres partes: Pantalla LCD, Display BCD y LEDs.

### Pantalla LCD

Su función es mostrar mensajes de inicio y de enhorabuena al jugador ganador. Además de mostrar la puntuación de los cuatro jugadores en cada momento actual.

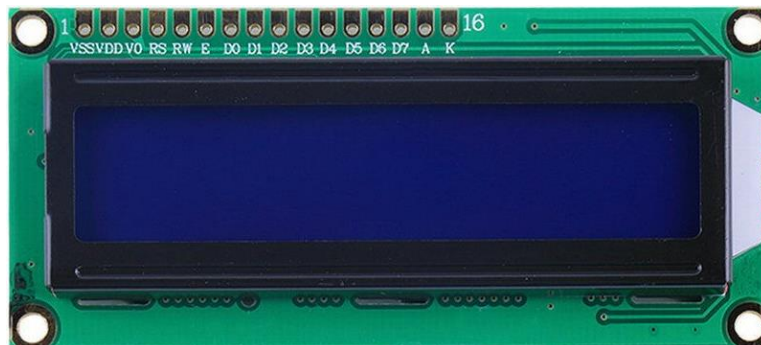


Fig. 31. Pantalla LCD

La pantalla es de 16x2, es decir, tiene la capacidad de mostrar al mismo tiempo 16 caracteres por fila en dos filas.

Se escogió principalmente por sus dimensiones de 10,5x3,5 cm, debido a la necesidad de tener que mostrar las puntuaciones de los cuatro jugadores y ser vistas desde una distancia considerable.

El esquema de conexiones es el de la Figura 32.

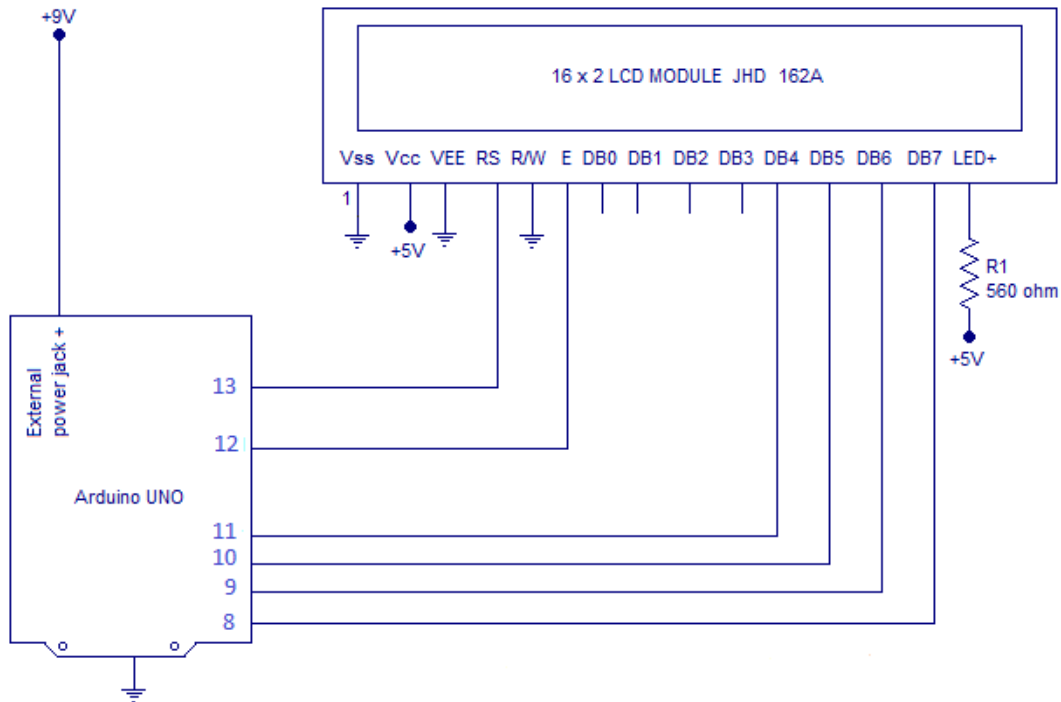


Fig. 32. Esquema de conexión pantalla LCD

Como se puede apreciar en el esquema anterior, la conexión realizada es una comunicación en paralelo.

Este tipo de comunicación trata de conectar directamente la pantalla al Arduino sin ningún circuito integrado intermedio.

La pantalla consta de 15 pines. De izquierda a derecha, sus usos son los siguientes [5]:

- **Pin 1.** VSS o GND.
- **Pin 2.** VDD o alimentación (+5V).
- **Pin 3.** Voltaje de contraste. Se conecta a un potenciómetro por lo general, aunque en este caso se ha puesto a masa para obtener siempre el máximo nivel de contraste.
- **Pin 4.** Selección de registro. Aquí se selecciona el dispositivo para su uso.
- **Pin 5.** Lectura/Escritura. Dependiendo del estado (HIGH o LOW), se podrá escribir o leer datos en el LCD.
- **Pin 6.** Enable. Es el pin que habilita o deshabilita el LCD.
- **Pin 7 hasta Pin 14.** Son los pines de datos por donde se envía o recibe información.
- **Pin 15.** El ánodo del LED de iluminación de fondo (+5V).

## Display BCD

Está compuesto de siete segmentos que se pueden encender o apagar individualmente. Su función es mostrar el número de jugador actual en la partida.



Fig. 33. Display BCD con embellecedor

Cada uno de los segmentos que forman la pantalla está marcado con siete primeras letras del alfabeto ('A'-'G') (Fig. 34), y se montan de forma que permiten activar cada segmento por separado, consiguiendo formar cualquier dígito numérico.

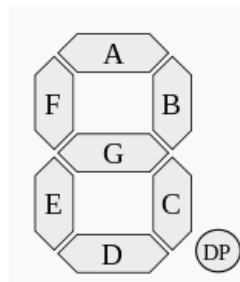


Fig. 34. Segmentos e identificación de los mismos

Los hay de dos tipos: ánodo común y cátodo común. En este caso, se utiliza un display BCD de ánodo común [6].

En el ánodo común, todos los ánodos de los leds o segmentos están unidos internamente a una patilla común que debe ser conectada a potencial positivo (patilla 3 del display. Ver en esquema de conexiones de la Figura 35). El encendido de cada segmento individual se realiza aplicando potencial negativo por la patilla correspondiente a través de una resistencia que limite el paso de corriente.

### Características

- **LED, Color:** Rojo
- **Corriente Directa  $I_f$ :** 20mA
- **Tensión Directa:** 2V
- **Intensidad luminosa:** 6.4 mcd
- **Núm. De Dígitos / Caracteres:** 1
- **Tamaño de Carácter:** 13.2mm
- **Conexión Común:** Ánodo Común
- **Encapsulado:** Individual



## Esquema de conexiones

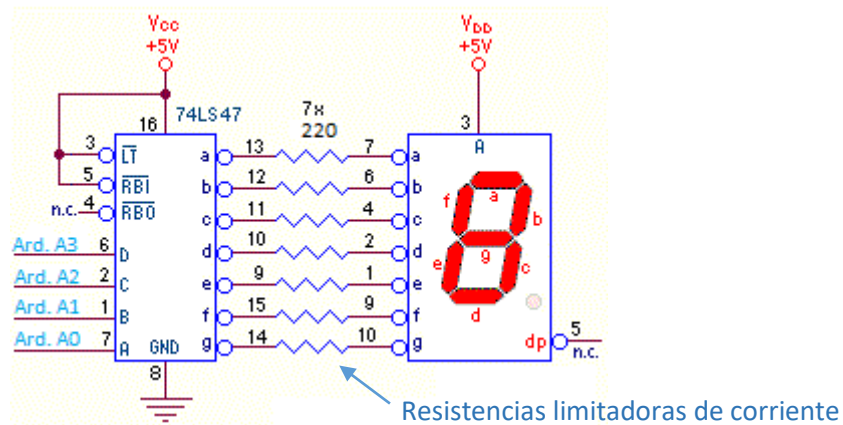


Fig. 35. Esq. conexiones Display BCD + integrado 74LS47

La conexión del display BCD 7 segmentos con el Arduino se realiza con el integrado 74LS47.

El 74LS47 se trata de un circuito integrado que convierte el código binario de entrada en formato BCD a niveles lógicos que permiten activar un display de 7 segmentos de ánodo común donde la posición de cada barra forma el número decodificado.

### Pines del integrado 74LS47

- *LT (Lamp Test)*. A nivel bajo (0V) todos los segmentos de salida se encienden (salidas a nivel bajo 0V).
- *RBI (Ripple Blanking Input)*. A nivel bajo (0V) apaga el display, siempre que LT esté a nivel alto (5V) y todas las entradas A, B, C y D estén a nivel bajo (0V).
- *RBO (Ripple Blanking Output)*. Produce el apagado de todos los segmentos cuando está a nivel bajo (0V).
- A, B, C y D. Entradas procedentes del Arduino.
- a, b, c, d, e, f, g. Salidas del integrado que van a las entradas del display. Se conectan mediante resistencias de 220  $\Omega$  para limitar el paso de corriente.
- *Alimentación*. VCC (5V) y GND.

### LEDs

La diana consta de ocho LEDs situados alrededor del último aro (Fig. 36). Estos se encienden y parpadean de acuerdo a la puntuación obtenida en este momento.

La idea de incorporar los LEDs a la Diana, es para hacer al usuario más interactivo y llamativo el juego.

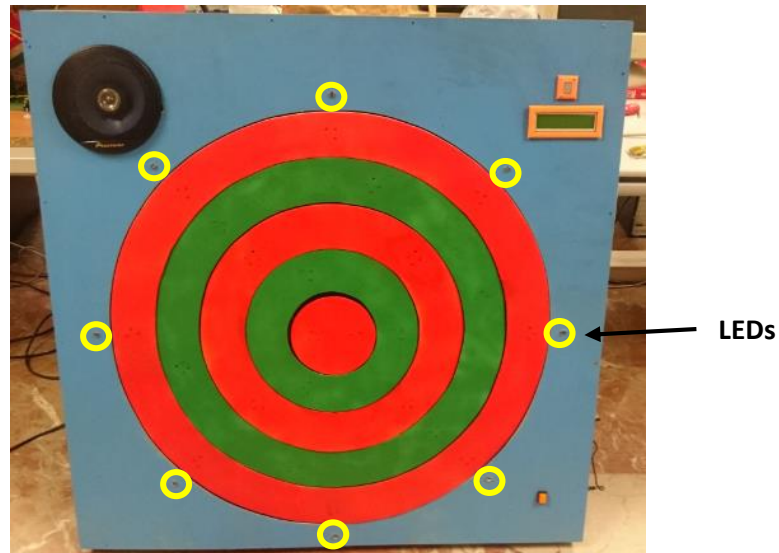


Fig. 36. Señalización LEDs en Diana

### Esquema de conexiones

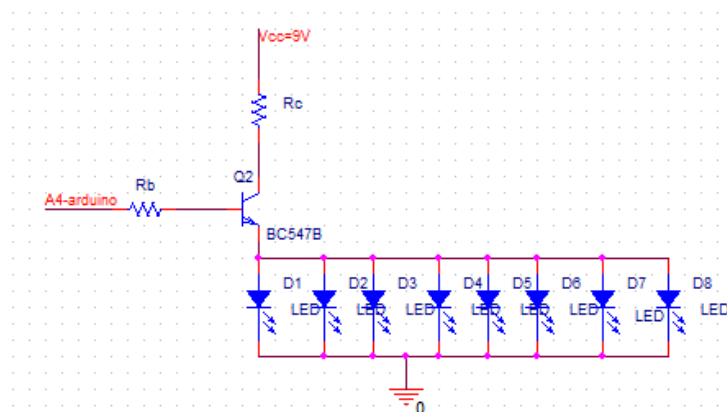


Fig. 37. Esq. conexiones LEDs

Cálculo de resistencias:

$$V_{\text{arduino}} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + V_{LED} \quad I_B = I_C / \beta$$

$$R_B = \frac{V_{\text{arduino}} - V_{BE} - V_{LED}}{I_C / \beta} = \frac{4,85 - 0,67 - 3}{0,16 / 278} = 2k\Omega$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + V_{LED} \quad I_C \cong I_E = 8 \cdot I_{LED}$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_{LED}}{8 \cdot I_{LED}} = \frac{9,7 - 2 - 3}{8 \cdot 0,02} = 29,4\Omega$$

Para la  $I_{LED}$  se ha buscado el valor en su datasheet (Tabla 6).

**Absolute Maximum Ratings at TA=25°C**

Parameter	Blue	Units
Power dissipation	120	mW
DC Forward Current	30	mA
Peak Forward Current [1]	150	mA
Reverse Voltage	5	V

Tabla 6. Especificaciones LEDs

Como el valor máximo de  $I_{LED}$  es de 30mA, se ha considerado un valor nominal de 20mA.

### Alimentación del sistema

La necesidad de nuestro sistema a cumplir es, que con una sola fuente de alimentación se proporcione corriente a todo el sistema completo. Era una especificación explícita del Colegio que se pudiera enchufar a la red para garantizar operatividad, dado además que el sistema puede ser llevado a diferentes estancias del mismo.

Esto se consigue a través de una **Fuente de alimentación KFD de +9V y 2A** (Fig. 38). Con ella se alimenta el Arduino y los LEDs a +9V, por su requerimiento de mayor potencia. El resto del sistema se alimenta a través del Arduino a +5V.

Se ha escogido la fuente de alimentación KFD debido a que presenta una tensión de salida de 9V, lo que la hace adecuada para alimentar el Arduino y los LEDs; y además por su corriente de salida de 2A, puesto que proporciona la corriente necesaria para todo el circuito, como veremos a continuación.

### Consumo del sistema:

La estimación del consumo total del sistema, se ha calculado por exceso ante el peor caso: con todos los componentes susceptibles de consumir corriente haciéndolo, y con sus valores máximos. Los valores siguientes se han sacado de cálculos descritos durante la memoria y de los datasheet (*Ver Anexo A.5 Enlaces a hojas de características*).

- Pulsador (Botón de selección)  $\rightarrow I_{max}=5mA$
- Pulsadores  $\rightarrow I_{max}=5_{aros} \cdot 5mA=25mA$
- Módulo de sonido  $\rightarrow 20mA$
- Pantalla LCD  $\rightarrow I_{max}=4mA$
- Display BCD  $\rightarrow I_{max}=20mA$
- LEDs  $\rightarrow I_{max}=8 \cdot 30mA= 240mA$
- Arduino  $\rightarrow I_{max}= 40mA$

$$I_{total\ sistema} = 5+25+20+4+20+240+40=354mA < 2A$$

Por tanto, la fuente escogida está soportando correctamente la operación del sistema. Se tiene un margen de seguridad para evitar problemas con los posibles sobrepicos de corriente durante la operación y el encendido del mismo.



Fig. 38. Fuente de Alimentación KFD

### 2.2.3 Diseño Software

#### Entorno de programación

Como entorno de programación se ha elegido la programación en Arduino debido a su sencillez [3].

En concreto se ha utilizado la placa Arduino Uno Rev3, es una herramienta muy sencilla de utilizar y de programar debido a los diversos programas que permite realizar.

Es una placa dotada de un microcontrolador ATmega328. Tiene 14 pines de entrada/salida digitales, de los cuales 6 de ellos se pueden utilizar como outputs PWM, 6 pines para inputs analógicos, un oscilador de cristal de 16MHz, una conexión USB, un conector Jack, un ICSP (In Circuit Serial Programming) que se trata de unos pines para programar el BootLoader del microcontrolador sin necesidad de programadores externos; y un botón de reset.

Contiene todo lo necesario para soportar un microcontrolador.

Para alimentar el Arduino, basta con conectarlo a un ordenador mediante un cable USB o conectarle una alimentación externa de +9V (Ver Figura 38. Fuente de Alimentación KFD).

Cabe destacar algunas de sus características antes de su utilización, para hacer un uso adecuado y correcto (Tabla 7). Estas son las limitaciones en tensiones y los valores nominales de alimentación y corrientes, así como las capacidades de sus memorias.

Alimentación	5V
Voltaje de entrada recomendado	7-12V
Voltaje de entrada limite	6-20V
Corriente continua por pin I/O	40Ma
Memoria Flash	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Frecuencia del reloj	16MHz

Tabla 7. Especificaciones técnicas Arduino Uno Rev 3

Además en la siguiente imagen (Fig. 39) se muestra cada parte por la que está compuesto el microcontrolador Arduino.

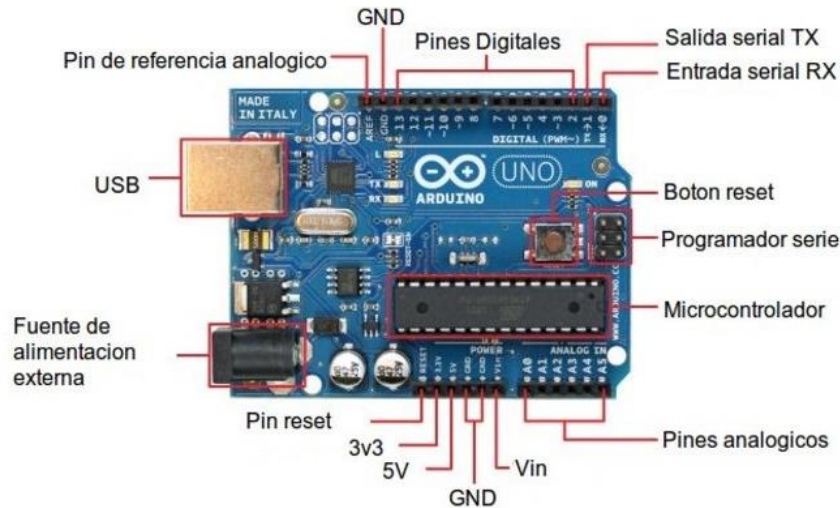


Fig. 39. Pines de Arduino Rev 3

## Diseño del Software

En el siguiente apartado se comentan y detallan mediante el uso de flujogramas las funciones del programa del microprocesador. El software completo se incluye en el anexo [A.4 Programa del microcontrolador](#).

El programa, está desarrollado completamente en el código propio de Arduino, el cual se ejecutará continuamente mientras el microcontrolador permanezca alimentado.

La siguiente tabla (Tabla 8) muestra los pines que son utilizados en el Arduino y su función:

PINES DE ENTRADA		
NOMBRE	Nº PIN	DESCRIPCION
pinCambioJugador	2	Botón de Selección. Iniciar partida y cambiar el turno del jugador
pinSensor_1puntos	3	Pin de entrada digital para el sensor de 1 punto
pinSensor_2puntos	4	Pin de entrada digital para el sensor de 2 punto
pinSensor_3puntos	5	Pin de entrada digital para el sensor de 3 punto
pinSensor_4puntos	6	Pin de entrada digital para el sensor de 4 punto
pinSensor_5puntos	7	Pin de entrada digital para el sensor de 5 punto
PINES DE SALIDA		
pin14_LCD	8	Pin de salida para la LCD
pin13_LCD	9	
pin12_LCD	10	
pin11_LCD	11	
pin6_LCD	12	
pin4_LCD	13	Pin de Salida para el display BCD de 7 segmentos
A1_display	A0	
B1_display	A1	
C1_display	A2	
D1_display	A3	Pin para los LEDs
Led1	A4	

Tabla 8. Uso de los pines del microcontrolador

Además, para entender el funcionamiento del programa se van a explicar previamente las variables utilizadas.

VARIABLES	
NOMBRE	DESCRIPCION
bool sensor_1puntos=false	Variables para detectar cuántos puntos ha conseguido cada jugador en cada tirada
bool sensor_2puntos=false	
bool sensor_3puntos=false	
bool sensor_4puntos=false	
bool sensor_5puntos=false	
int puntos_jugador1=0	Variables para contar el número de puntos totales de cada jugador
int puntos_jugador2=0	
int puntos_jugador3=0	
int puntos_jugador4=0	
int jugador=0	Variables para saber a qué jugador le toca tirar
bool cambioJugador=false	Variable para detectar la pulsación del botón de selección
Bool mensajeInicio=true;	Variable para disparar el mensaje de inicio solo al inicio
bool mostrarPuntuación=false	Variable para cambiar la puntuación de la pantalla LCD
bool mostrarJugador=true	Variable para cambiar el turno del jugador en el Display

Tabla 9. Descripción de variables

Por otro lado, se va a dividir el programa en partes. Cada parte es un flujograma, permitiendo así la comprensión sencilla del mismo.

#### - Botón de encendido

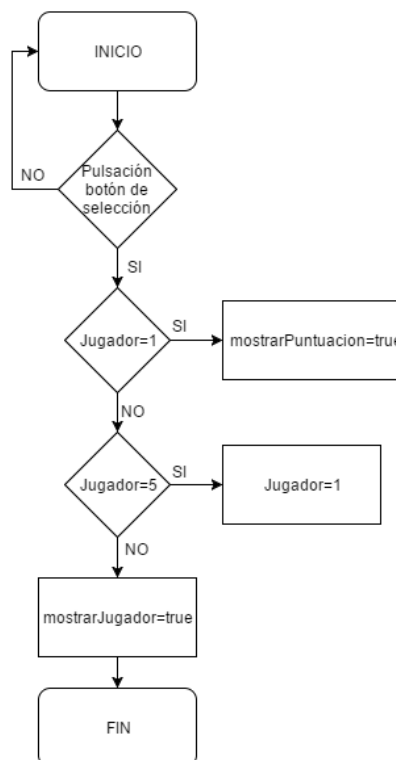


Fig. 40. Flujograma botón de selección

El anterior flujograma (Fig. 40) muestra las acciones llevadas a cabo tras la pulsación del botón de selección.

Si se pulsa el botón por primera vez, en la pantalla LCD se mostrará la puntuación de los 4 jugadores a cero.

Por otro lado, si el jugador en ese momento es el número 4 y se pulsa el botón de selección, se reiniciará al jugador número 1.

Para los casos restantes, el número en la variable “jugador” se irá incrementando.

#### - Lectura de pulsadores

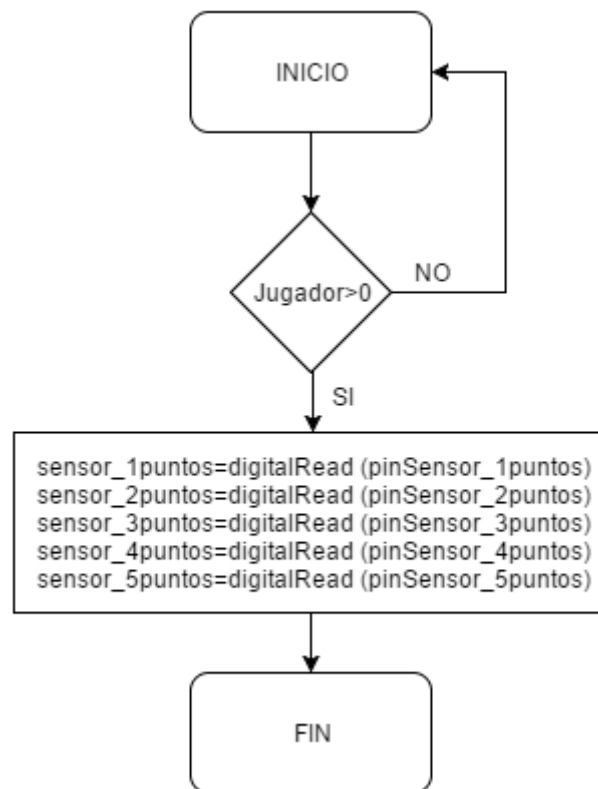


Fig. 41. Flujograma lectura de pulsadores

Una vez que la Diana se ha encendido, y se pulsa por primera vez el botón de selección, la variable “jugador” pasa a ser mayor que 0.

Por lo tanto, una vez se cumple esta condición, se leen continuamente los valores de los pulsadores para detectar el golpeo de la bola con la diana y la puntuación obtenida.

La razón por la que se leen continuamente los valores de los pulsadores es debido a que como mínimo para realizar la lectura de pulsadores por interrupción, se necesitan cinco (una por cada aro), y nuestro microcontrolador solo permite dos interrupciones.

## Pantalla LCD

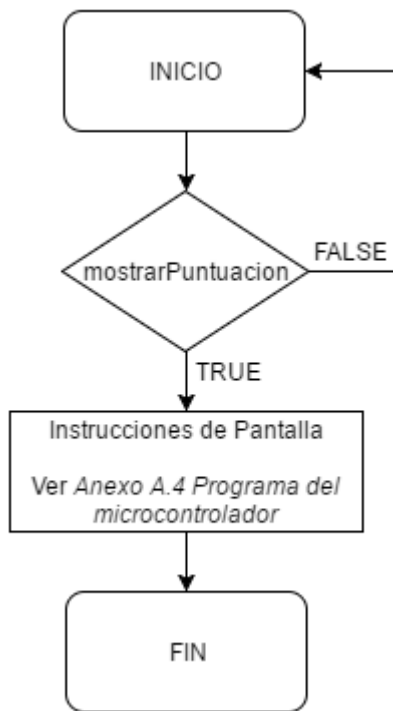


Fig. 42. Flujograma pantalla LCD: Rellenado

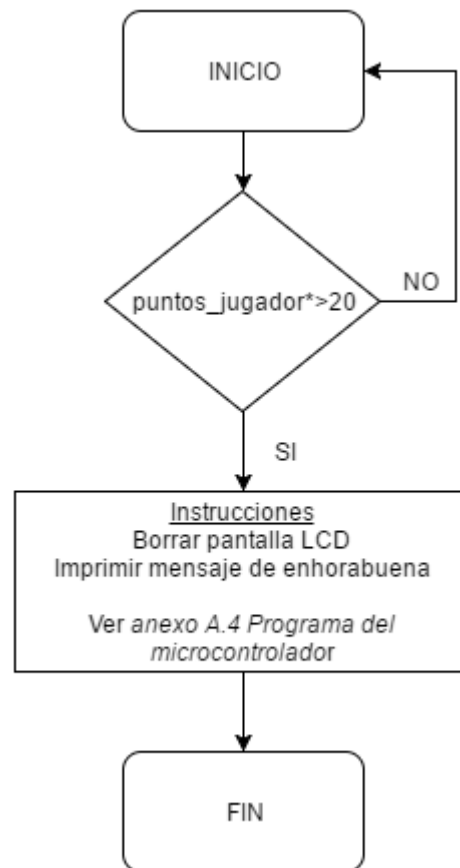


Fig. 43. Flujograma Pantalla LCD: Borrado y mensaje

En el flujograma de la izquierda (Fig. 42) se describe el proceso a seguir para mostrar la puntuación de los cuatro jugadores en la pantalla LCD.

Así, para poder ejecutar las instrucciones de relleno (Ver Anexo A.4 Programa del microcontrolador) primero debe estar activada la variable “mostrarPuntuación”.

Mientras esta variable no esté activada, la pantalla LCD no mostrará ninguna puntuación.

Por otro lado, en el otro flujograma (Fig. 43) el proceso es borrar las puntuaciones anteriores e imprimir el mensaje de enhorabuena al jugador ganador.

Para ello, una vez que una de las variables “puntos\_jugador1”, “puntos\_jugador2”, “puntos\_jugador3” o “puntos\_jugador4” pase a ser mayor que 20 se ejecutarán las instrucciones de borrado y se mostrará el mensaje de enhorabuena (Ver Anexo A.4 Programa del microcontrolador).

Mientras ninguna de las variables anteriores sea mayor que 20, la pantalla mostrará las puntuaciones de los cuatro jugadores.

Para mostrar el mensaje de Bienvenido al inicio, el procedimiento es exactamente el mismo. (Ver Anexo A.4 Programa del microcontrolador).



- **Display BCD 7 segmentos**

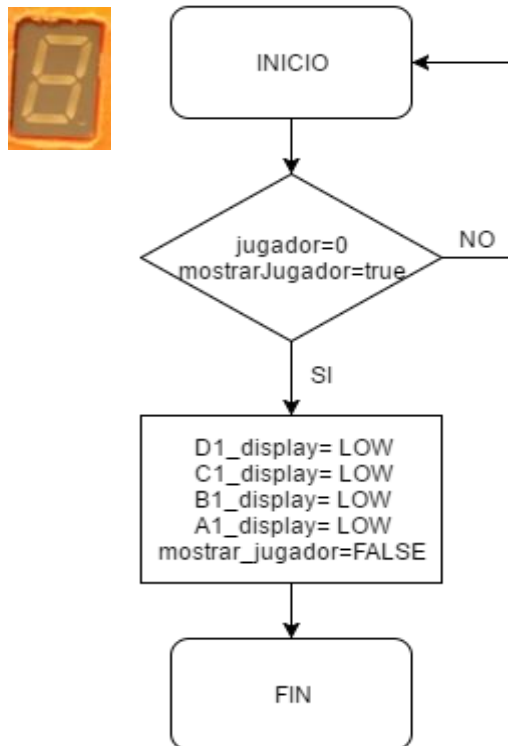


Fig. 44. Flujograma Display BCD. Apagado

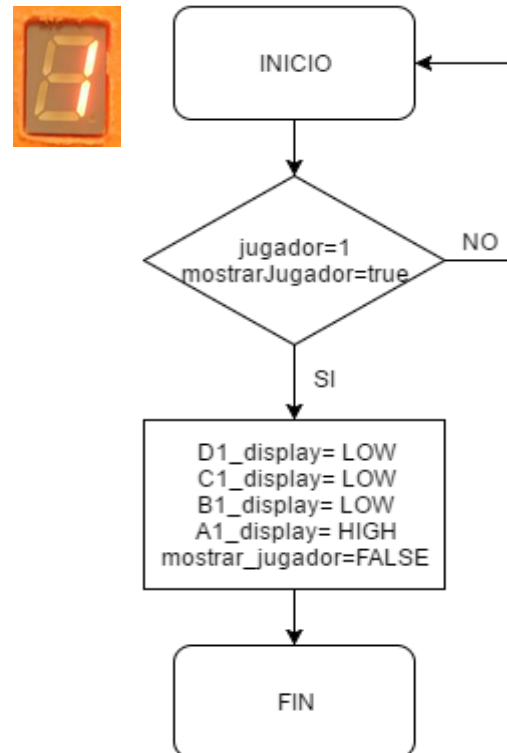


Fig. 46. Flujograma Display BCD. Número 1

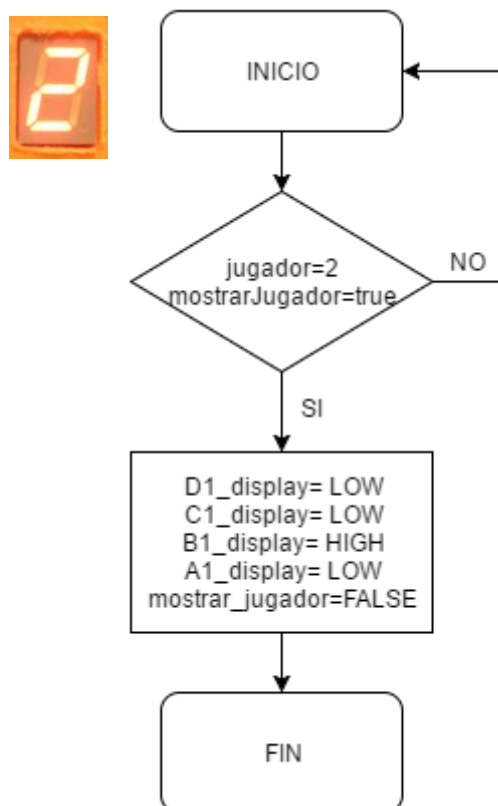


Fig. 45. Flujograma Display BCD. Número 2

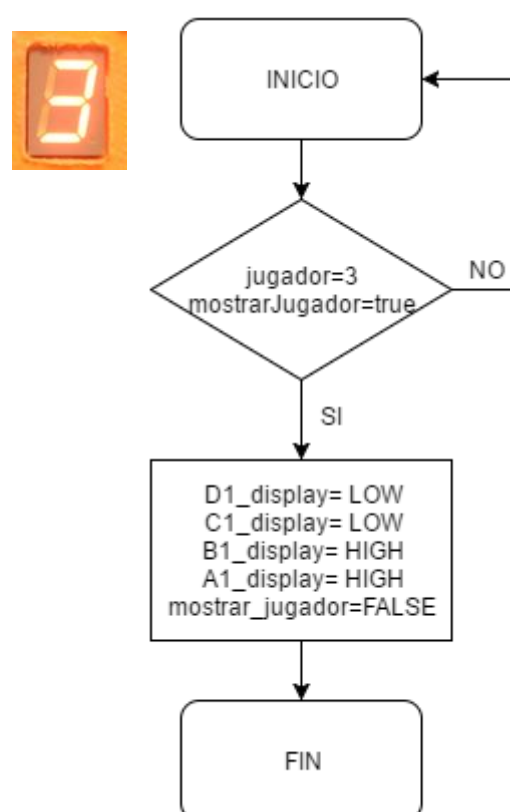


Fig. 47. Flujograma Display BCD. Número 3

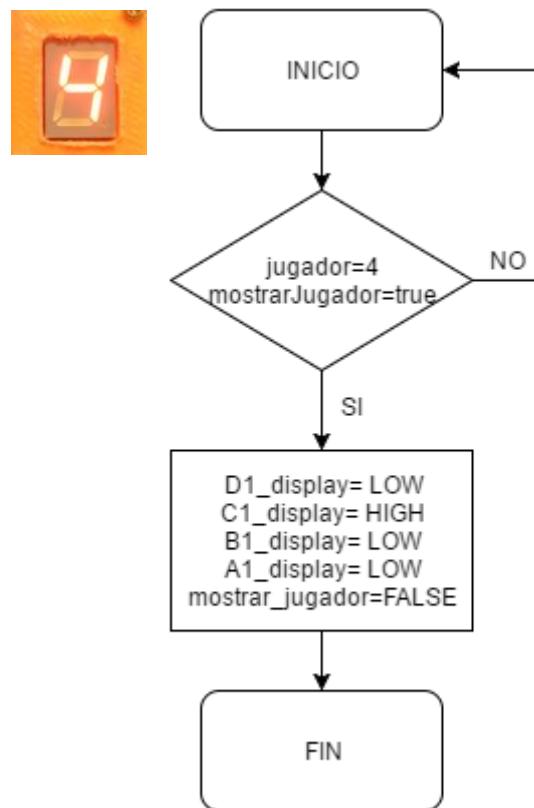


Fig. 48. Flujograma Display BCD. Número 4

En los flujogramas anteriores (Figuras 44 a 48) se muestran las instrucciones llevadas a cabo para apagar el display BCD o mostrar los números desde el 1 hasta el 4.

Para ello, la variable “mostrarJugador” tiene que estar en *true*, y dependiendo del valor de la variable “jugador”, se pasará a las entradas del integrado 74LS47 (A,B,C,D) unos valores u otros.

Es decir, dependiendo de qué entrada esté a nivel alto o bajo, el display mostrará números desde el 1 hasta el 4, o se apagará.

- **Funcionamiento general del programa**

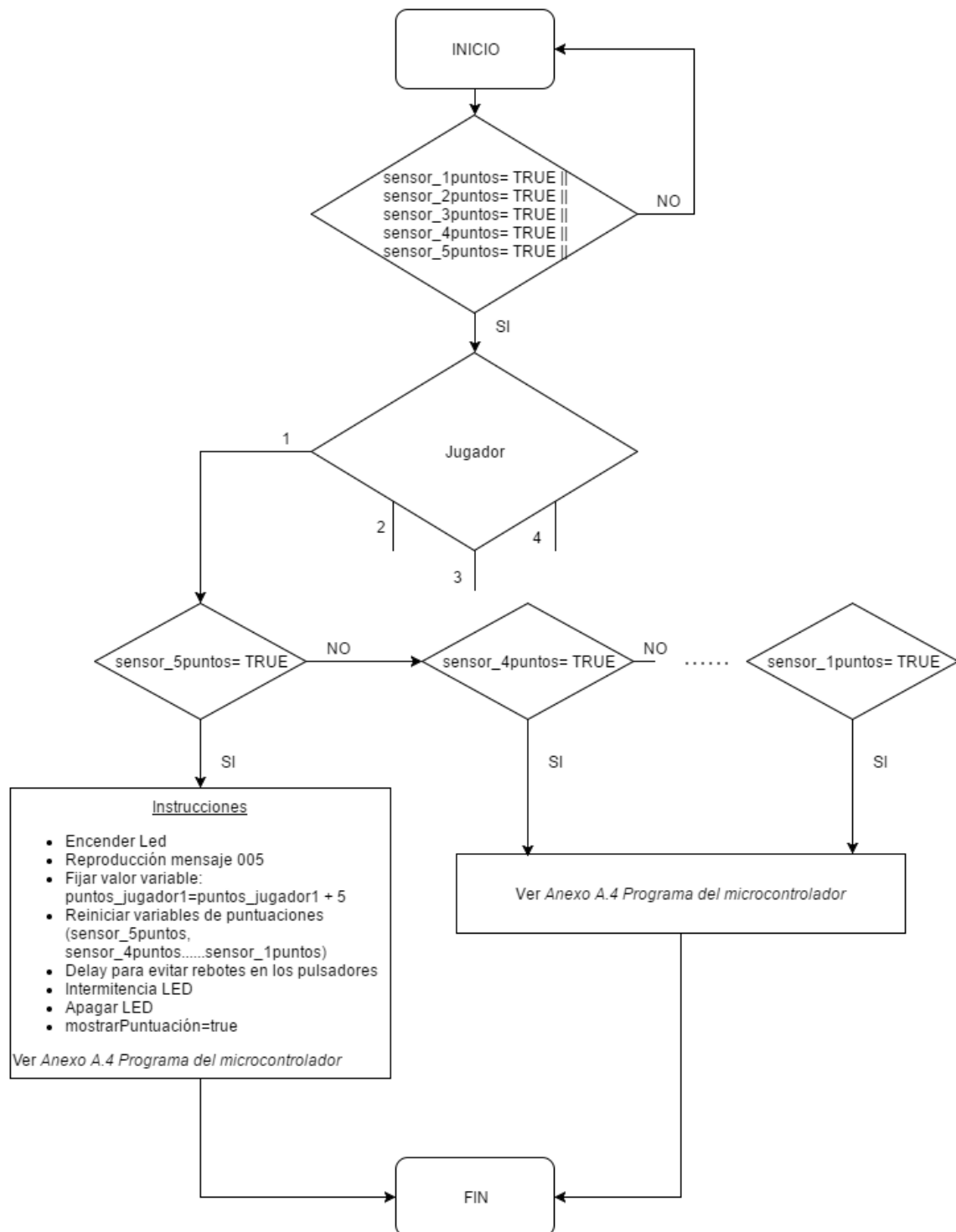


Fig. 49. Flujograma Funcionamiento general del programa

Debido a la similitud de la estructura del programa, se ha simplificado el flujograma anterior (Fig. 49), mostrando únicamente el caso para el jugador 1 con golpeo en el aro de 5 puntos.

Para el resto de los casos es similar, cambiando únicamente el nombre de las variables.

Primero se comprueba si hay algún golpeo de la pelota en alguno de los cinco aros.

Una vez que se produce el golpeo, se comprueba que jugador está jugando en el momento actual y dependiendo de qué aro haya sido golpeado se siguen unas instrucciones (Ver *Anexo A.4 Programa del microcontrolador*).

Las instrucciones de cada aro son las mismas, simplemente cambian en el número de la puntuación, el mensaje a reproducir y el tiempo de parpadeo de los LEDs.

Por otro lado, para el resto de jugadores las instrucciones también son las mismas, cambiando únicamente el nombre de la variable “puntos\_jugador\*”.

Cabe destacar que la puntuación en el programa, se ha puesto en orden decreciente, es decir primero se comprueba sensor\_5puntos, sensor 4 puntos....hasta sensor\_1 puntos, para en el caso de que se golpee dos aros a la vez, la puntuación obtenida sea la mayor. Este modo ventajoso de juego ha sido consensuado con los profesores del Colegio San Rafael, debido a su intención de hacer más atractivo aún el juego.



# Capítulo 3.

## Implementación y pruebas iniciales

### 3.1 Construcción mecánica del sistema

En este apartado se detalla la construcción de la parte mecánica del mando y los problemas derivados de utilizar para ello la impresora 3D y el contrachapado.

#### 3.1.1 Material

Se pensó en utilizar contrachapado por ser un material lo bastante ligero y plástico ABS por ser lo bastante resistente para el uso que tendría en la diana.

El contrachapado, es un tablero elaborado con finas chapas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante presión y calor.

En cuanto al plástico ABS (Poliacrilonitrilo Butadieno Estireno), es un plástico común y resistente, ideal para la impresión de piezas mecánicas. Atendiendo a sus características de impresión, la temperatura del extrusor de la impresora 3D debe ser de unos 220°C a 240°C dependiendo del color y de la temperatura de la plataforma donde reposa debe estar alrededor de 110°C, lo que facilita su adhesión. Además del post-procesado conviene señalar que puede ser lijado, taladrado y pintado sin ningún problema.

#### 3.1.2 Construcción mecánica

Para la construcción mecánica del sistema, primero se empezó por construir la estructura externa de la diana, partiendo de una lámina de 4mm de contrachapado, donde se marcaron las medidas de los 6 paneles de la estructura.

Al panel delantero se le marcaron los 5 aros, procediendo posteriormente al corte de los mismos y de los restantes paneles. De este modo, al provenir todos los paneles de la misma pieza, se aseguraba el encaje a la perfección entre sí.

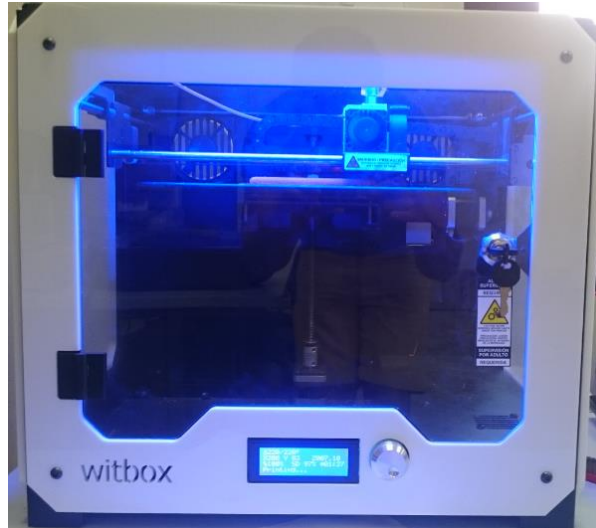
Una vez cortados todos los paneles, se procedió a su montaje, utilizando para ello tornillos.



*Fig. 50. Corte y montaje estructura Diana*

Una vez cortada y montada la estructura (Fig. 50), se tuvo que empezar a realizar el sistema de amortiguación que fijara los 5 aros.

Para ello, usamos la impresora 3D BQ Witbox 2, del laboratorio 1.2.C.12 del Departamento de Tecnología Electrónica (Fig. 51).



*Fig. 51. Impresora 3D BQ Witbox 2*

Tras varias pruebas de impresión, tuvimos las piezas del amortiguador impreso.

Una vez impreso, lo siguiente era montar cada conjunto de amortiguador incluyendo el muelle y el pulsador. Previamente al montaje del pulsador, se había comprobado con el polímetro su funcionamiento.

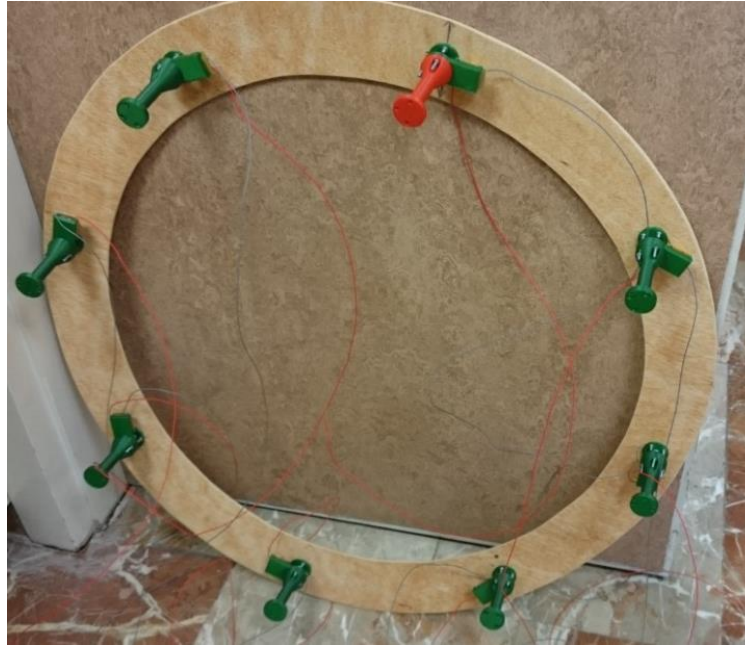
En la siguiente figura (Fig. 52) se muestra todo el conjunto del amortiguador montado y disponible para su montaje en la diana.



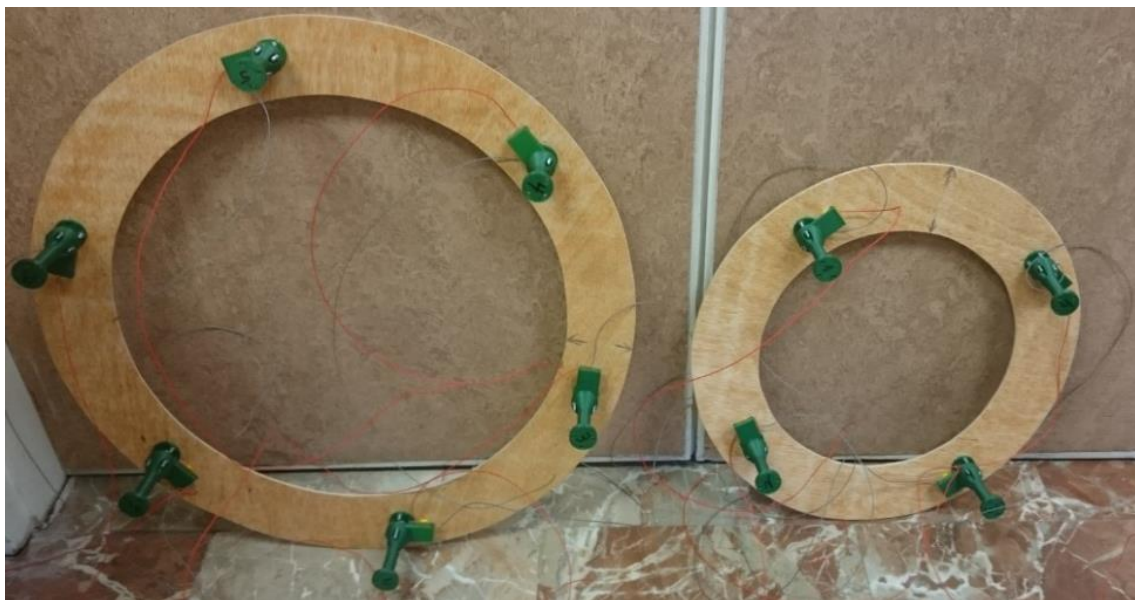
*Fig. 52. Amortiguador completo*

Tras tener los 23 pulsadores completos para los 5 aros, se procede a su montaje en la diana.

El procedimiento seguido, fue primero montar todos los pulsadores en los 5 aros por separado (Fig. 53 y 54).



*Fig. 53. Montaje Amortiguadores en aro (I)*



*Fig. 54. Montaje Amortiguadores en aro (II)*



Una vez se tienen todos los amortiguadores con sus pulsadores fijados a los cinco aros, el siguiente paso es montarlos en la estructura de la diana. Para llevarlo a cabo, el procedimiento que se hizo fue ir montando del aro más grande al más pequeño a la estructura, pudiéndolos así atornillar con más facilidad; además de ir cuadrándolos correctamente (Fig. 55 y 56).

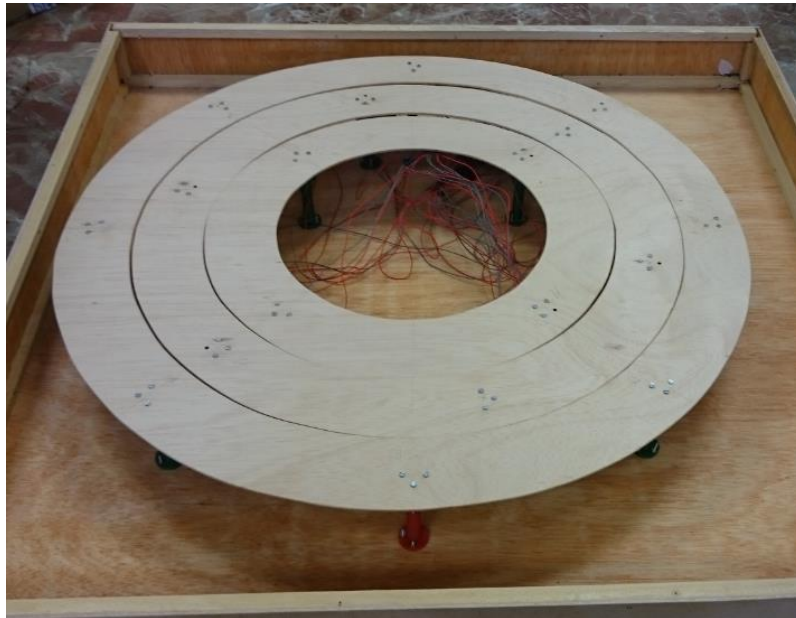


Fig. 55. Fijación aro (I)



Fig. 56. Fijación aro (II)

Tras realizar el montaje de todos los aros comprobamos que debido a los materiales empleados, aparecían algunos errores en el sistema fijo.

Debido a que el contrachapado es un material ligero, y en nuestro caso de 4mm, comprobamos que había algunas zonas de los aros que estaban algo dobladas y no asentaban adecuadamente.

Para ello, manualmente se intentó enderezar los aros hasta estar lo más plano posible.

Una posible mejora habría sido comprar contrachapado de 7mm aunque también hubiéramos aumentado de peso.

Otro problema encontrado una vez se montó el sistema, fue la fricción existente entre la pieza A, pieza B y el muelle en el sistema de amortiguación.

Debido a esta fricción, el sistema apenas amortiguaba.

La solución a este problema fue aplicar grasa alrededor del muelle y tras varias pulsaciones, se consiguió que el sistema amortiguara adecuadamente. Mencionar que no será necesario un mantenimiento de la grasa, es decir, no será necesario un reengrase debido a que el muelle no va a estar expuesto a condiciones de carga elevadas y velocidades de desplazamiento altas.

### 3.1.3 Acabados

Dado que se tenía como material principal el contrachapado en la Diana, se tuvo que pintar posteriormente cada aro y la estructura restante (Fig. 57).



*Fig. 57. Diana pintada*

Para el pintado, se recurrió a unos sprays de color verde, rojo y azul.

La realización del proceso se llevó a cabo en los exteriores de la universidad.

### 3.2 Implementación de la electrónica

Antes de llegar al montaje final que quedará instalado en el interior de la Diana, la electrónica atravesó varias fases durante las cuales se fue depurando tanto el programa como las conexiones entre componentes.

#### 3.2.1 Placa de pruebas (protoboard)

Las primeras pruebas se hicieron sobre una protoboard.

Se comenzó por el sistema de puntuación y el botón de selección, ya que se quería garantizar el funcionamiento del sistema principal de la diana. Tras varias pruebas y calibraciones se consiguió el funcionamiento óptimo (Ver *Pruebas de Funcionamiento*).

Seguidamente se implementó la pantalla LCD y el display BCD (Fig. 58).

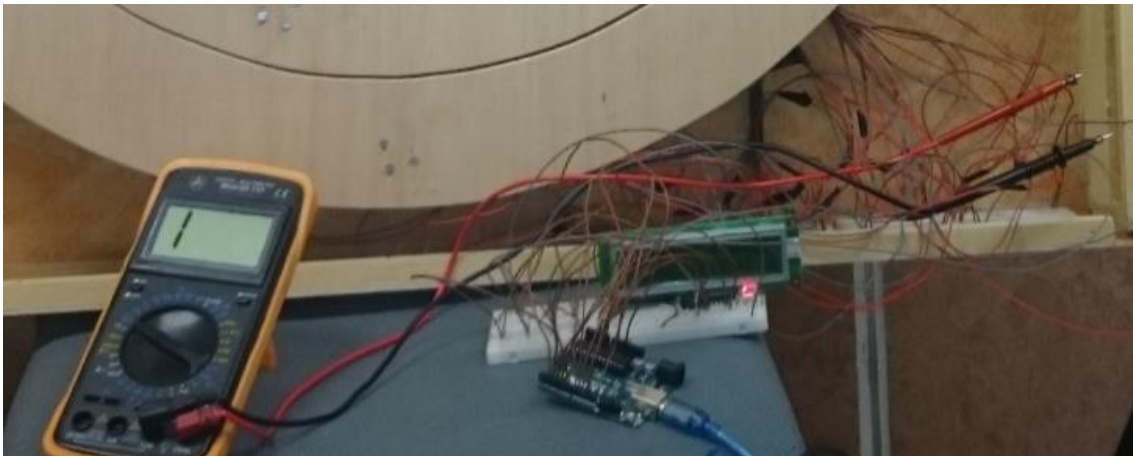


Fig. 58. Implementación en Protoboard

Con todo lo anterior implementado, ya se podía ver el funcionamiento de todo el sistema de puntuaciones con su impresión por pantalla, además de mostrar a través del display el número de jugador actual de la partida.

Una vez que todo lo anterior funcionaba correctamente, se implementó el módulo de sonido y los LEDs.

Finalmente, con todo conectado en las protoboard, pudimos ver el funcionamiento final.

### 3.2.3 PCBs

El siguiente paso fue realizar todos los diseños en Orcad Layout para la realización de las PCBs (Printed Circuit Board).

PCB es la superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor (generalmente de cobre) laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos.

Principalmente se optó por la implementación en placas de circuito impreso (PCB) debido a la robustez que presenta.

Además, destacar que no se encontraron trabas a la utilización del programa Orcad debido a que se conocía adecuadamente el funcionamiento del mismo tras usarlo en la asignatura de *Diseño y Fabricación de circuitos electrónicos* del Grado [7].

El primer diseño y montaje sobre PCB fue el sistema de puntuación junto al botón de selección (Figuras 59 y 60).

Como se ve, es simple, solo tiene las conexiones a los pulsadores y las correspondientes resistencias en serie del valor mostrado en la Figura 16 y en las Figuras de la 18 a la 22.

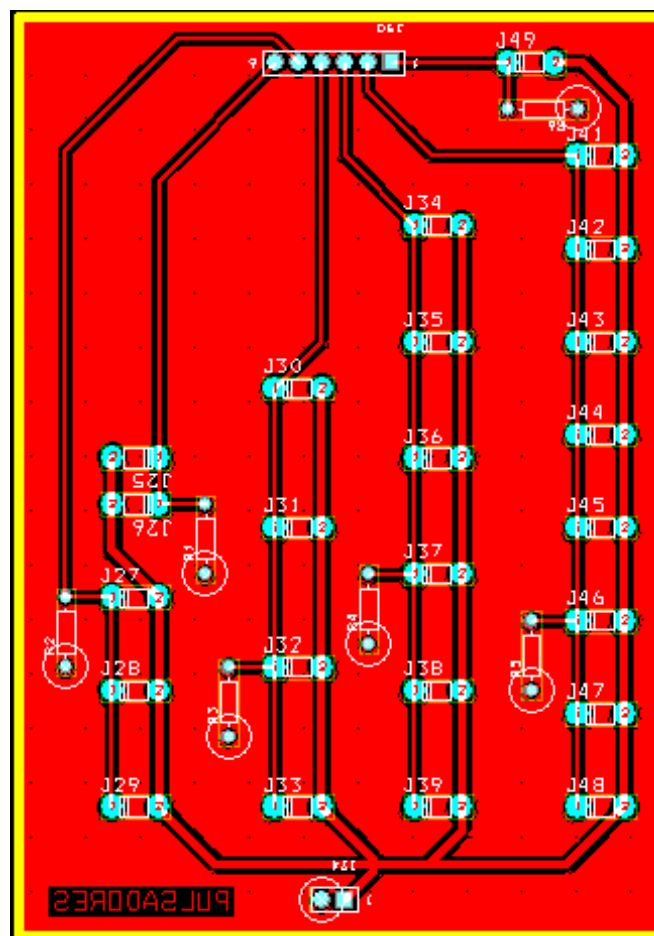


Fig. 59. Diseño Orcad: Sist. Puntuación + Botón de selección



Fig. 60. PCB Sist. Puntuación + Botón de selección

Una vez asegurado el funcionamiento esperado, se procedió a soldar los cables de los pulsadores en los conectores de la PCB.

El segundo diseño realizado fue la pantalla LCD y el display BCD de 7 segmentos (Fig. 61).



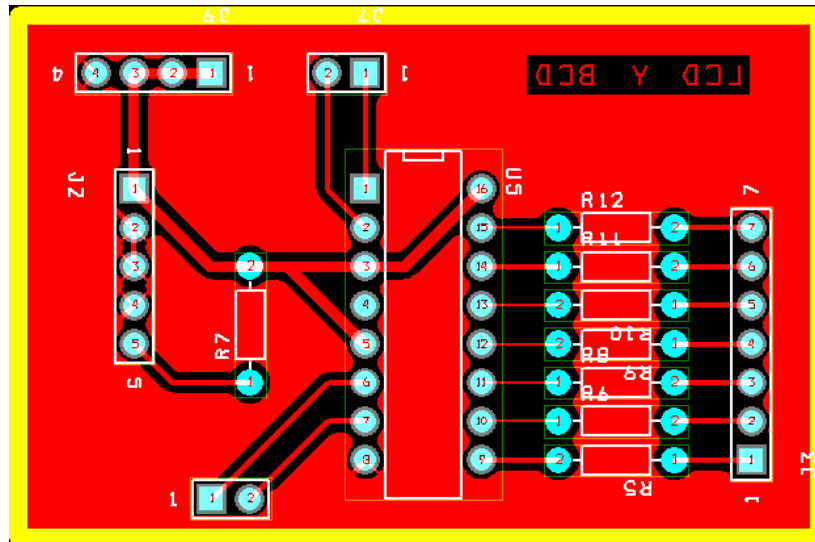


Fig. 61. Diseño Orcad: Pantalla LCD + Display BCD

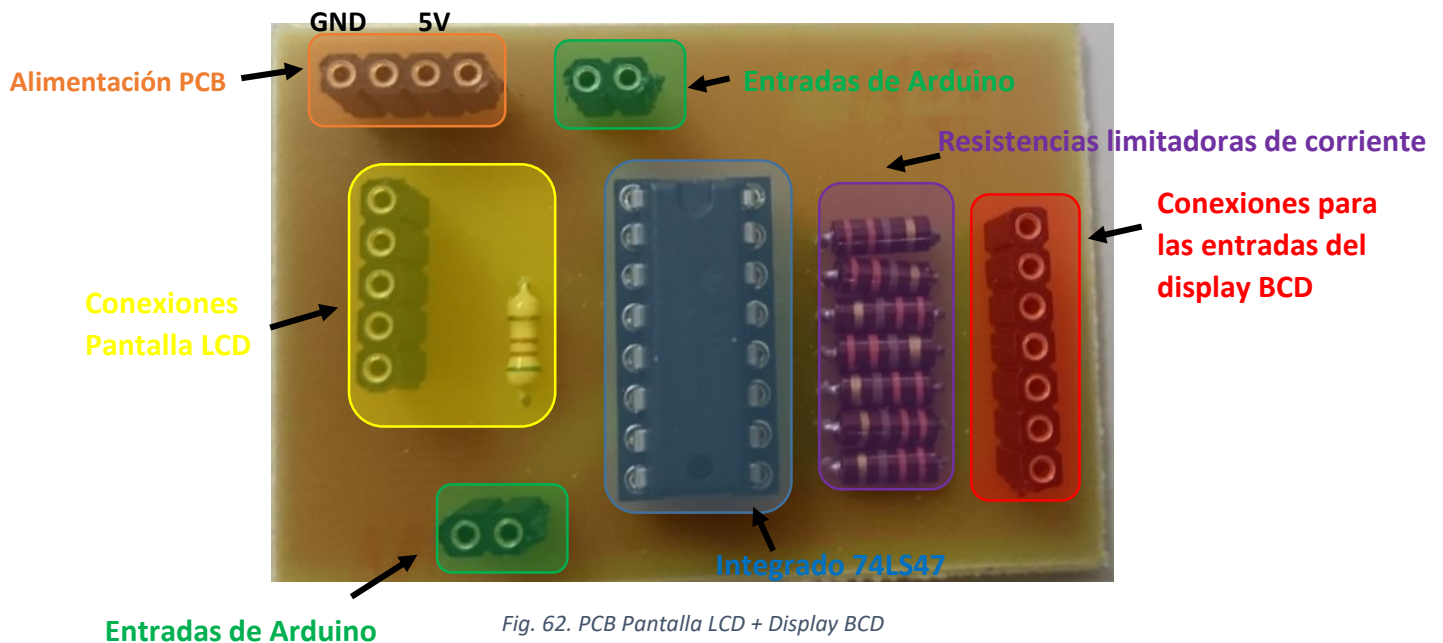


Fig. 62. PCB Pantalla LCD + Display BCD

Para la alimentación de la PCB (Fig. 62) se puso una masa y tres pines a 5V, uno para alimentar dicha PCB y los restantes para sacar de ella tensión para alimentar las otras PCBs del sistema.

Las conexiones de la pantalla LCD van directamente de la pantalla al Arduino, salvo los pines de "V<sub>SS</sub>", "V<sub>EE</sub>", "R/W", "V<sub>CC</sub>" y "LED+" (con resistencia) que van a masa y a 5V respectivamente, pasando por la PCB.

En cuanto al sistema del display BCD, diferenciamos en la PCB las entradas provenientes del Arduino, el integrado 74LS47, las resistencias limitadoras de corriente y las salidas del integrado que van conectadas a las entradas del display BCD.

Una vez comprobado el funcionamiento correcto tanto de la pantalla LCD como el display de 7 segmentos se comenzaron a soldar todas las conexiones.

Finalmente, la última PCB a realizar fue la del módulo de sonido y los LEDs. Para el diseño de la PCB (Fig. 63) se tuvo que crear anteriormente una huella para el módulo de sonido.

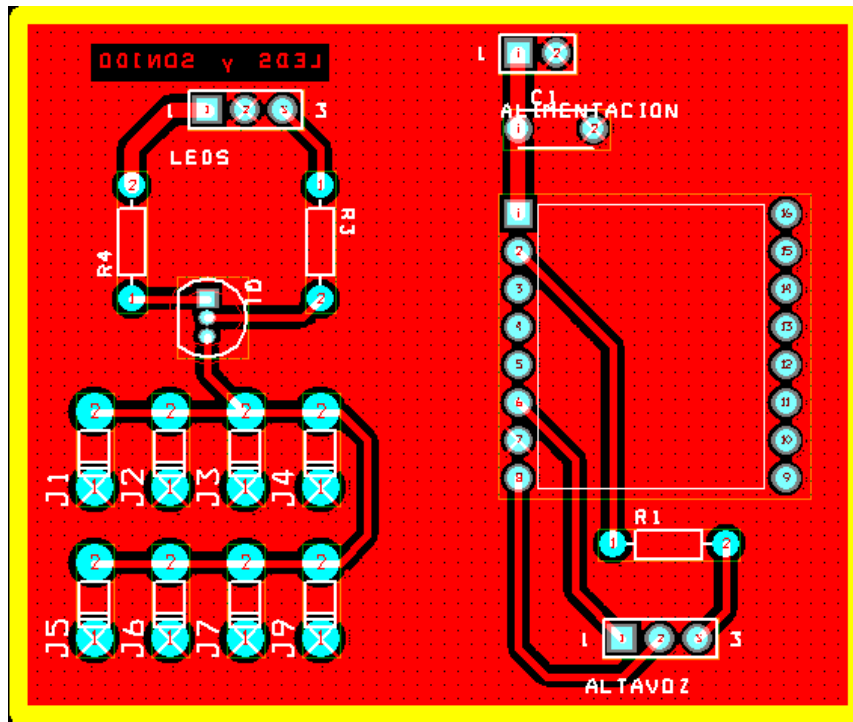


Fig. 63. Diseño Orcad: Módulo sonido + LEDs

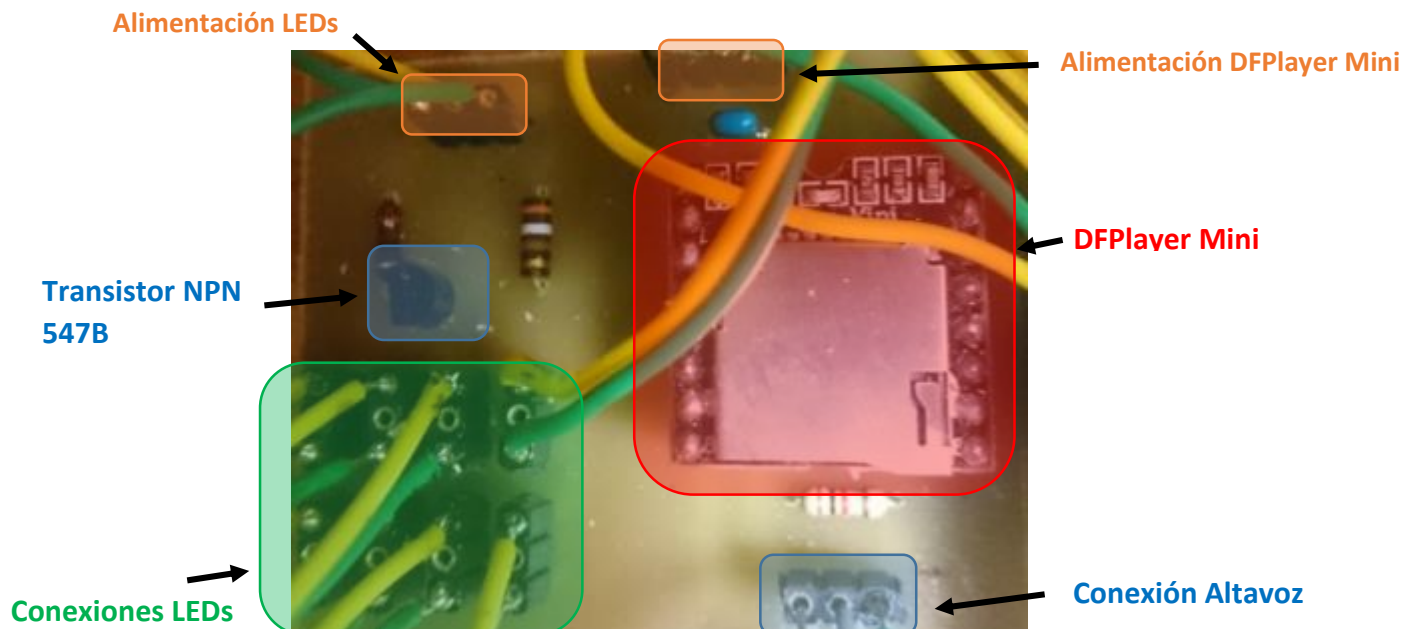


Fig. 64. PCB: Módulo sonido + LEDs

### 3.3 Pruebas de funcionamiento de la diana

En este apartado se explicarán algunos de los problemas detectados mientras se realizan pruebas con la electrónica todavía montada en placas protoboard.

Tras el montaje del sistema de puntuación y la realización de las pruebas sobre este sistema, se encontraron los siguientes problemas:

- 1) Se vio que al pulsar sobre alguna parte de los aros, unos pulsadores no detectaban la pulsación y otros se quedaban fijos.

Este problema se debía a la irregularidad de la madera del aro, ya que al ser contrachapado, es decir, un material bastante fino, la superficie no era recta y se encontraba ovalada por algunos tramos.

Como solución a este problema se llevó a cabo la llamada *“Calibración de la diana”*, es decir, los pulsadores que se quedaban fijos, se limaron con una lima, la idea era rebajar la superficie del pulsador hasta la posición óptima. En cuanto a los pulsadores que no detectaban las pulsaciones, se incrementó su superficie añadiendo pegamento de termofusible hasta alcanzar la posición óptima.

Una vez realizada la modificación de los pulsadores afectados, se volvió a efectuar la prueba del sistema hasta que el funcionamiento era el correcto.

- 2) Otro error encontrado fue que tras realizar una pulsación en un aro, algunas veces los pulsadores detectaban dos o más pulsaciones.

Esto era debido a los rebotes. Como solución para evitar estos rebotes, en el programa de Arduino se añadieron delays tras la detección de la primera pulsación, que en la descripción anterior se han mostrado ya como implementados.

- 3) Por otro lado, debido a la fricción de las piezas del amortiguador, estos no amortiguaban correctamente. Así que la solución tomada fue lubricar ambas piezas y el muelle con grasa.
- 4) Además, otro problema relativo al display BCD fue que tras encenderlo y estar un tiempo cambiando jugadores, los segmentos se iban fundiendo a medida que pasaba el tiempo.

Tras varias pruebas y dos displays se vio que las resistencias limitadoras (Fig. 35 y Fig. 62) no eran las correctas y por lo tanto, al dejar pasar mayor corriente, se fundían los segmentos. Este problema se solventó limitando la corriente con resistencias de 220  $\Omega$ .





# Capítulo 4.

## Resultados experimentales e implementación final

## 4.1 Pruebas desarrolladas

En cuanto al funcionamiento se hicieron diferentes y diversas pruebas durante el desarrollo tanto de la diana como del sistema completo en general.

### 4.1.1 Funcionamiento satisfactorio de la diana

La Diana se fue probando conforme se iba construyendo, corrigiendo en todo momento los fallos que aparecían en cada fase de su implementación. Durante las fases de unión de la parte mecánica con la electrónica, estas pruebas se realizaron casi a cada paso asegurando que el sistema seguía funcionando correctamente.

Las pruebas más relevantes fueron:

- Se probó individualmente cada pulsador de los aros, todavía sin montar, con un polímetro, para asegurarnos que todos funcionaban correctamente.
- Según se iba implementando cada aro en la Diana, se fue comprobando amortiguador por amortiguador que éstos operaban de forma óptima. Para ello, se lubricó cada unión del amortiguador con grasa y se recurrió a la llamada “Calibración de la Diana” (Ver pruebas de funcionamiento de diana).
- Comprobación de todo el funcionamiento completo, una vez que toda la electrónica estaba montada en PCBs. Para el chequeo de esta prueba, se simuló una partida con dos jugadores y se fue lanzando manualmente; hasta terminar con la partida y concluir satisfactoriamente.

Mencionar que la prueba que más tiempo llevó fue la de “Calibración de la Diana”, debido al elevado número de pulsadores instalados y su costosa tarea de calibración. Era de vital importancia esta prueba, ya que de ella depende todo el funcionamiento de la Diana. Cabe mencionar también que la estructura formada por la madera de contrachapado y los pulsadores resultó ser suficientemente robusta, debido a que incluso con el uso repetido de las pruebas no ha sufrido ningún desperfecto, lo cual asegura un buen funcionamiento en el Colegio.

### 4.1.2 Funcionamiento completo del sistema

El sistema completo fue puesto también varias veces a prueba en el laboratorio antes de considerarlo lo suficientemente preparado como para llevarlo a probar al colegio, en lo que sería el entorno real de aplicación del mismo.



Fig. 65. Prueba en laboratorio 1.2.C12

Para la realización de las pruebas, se puso la Diana encima de una silla a 50cm del suelo simulando así el caballete donde va a estar montada cuando esté en el colegio. Además se ubicaron ambos elementos a una distancia de 3m entre sí (Fig. 65).

Una vez todo colocado, se procedió a encender ambos sistemas y se realizó la secuencia del juego, tal y como se tendría que hacer en el entorno real.

Tras esta prueba se sacaron algunas conclusiones, como que la distancia entre ambos sistemas no podría ser menor de 3m, ya que si la distancia es menor la bola golpea con bastante fuerza la Diana pudiendo ocasionar desperfectos en la madera; si por necesidad esta distancia tuviera que ser menor, habría que bajar considerablemente a través del potenciómetro instalado en el lanzabolas, la velocidad de salida de la bola. Esto será indicado en el manual de usuario claramente, así como comentado en la entrega al Colegio.

Por lo demás, se concluyó que todo funcionaba según lo esperado, y que ya se podía realizar las pruebas en el Colegio, en entorno real.

Los siguientes enlaces muestran las pruebas realizadas en el laboratorio:

- <https://www.youtube.com/watch?v=h85aXfDreQk> (Funcionamiento Diana)
- <https://www.youtube.com/watch?v=KjP-XepnSI8> (Comunicación entre Diana y Lanzabolas)

## 4.2 Pruebas en entorno real y con usuarios finales

Una vez comprobado el funcionamiento del sistema completo de forma satisfactoria en el laboratorio, se realizó una nueva visita al Colegio con objeto de probarlo con los propios niños.

La realización de la prueba se llevó a cabo en un aula del Colegio, donde se ubicó la Diana encima de una mesa pegada a la pared y el lanzabolas en otra mesa a una distancia de 3m entre ambos, siguiendo las directrices del profesorado del Colegio.

Tras ubicar ambos componentes, se fue explicando el procedimiento para el desarrollo del juego a los profesores y a los alumnos. Una vez explicado, se procedió al comienzo del juego.

Un niño introducía la bola en el lanzabolas, mientras otro iba iniciando la secuencia del lanzabolas hasta lanzar a la Diana.

Al principio, algunos niños no tenían lo suficientemente dominado el lanzabolas y apuntaban fuera de la Diana, pero según se fue desarrollando la partida, empezaron a coger confianza y apuntaban con facilidad. Algunos de ellos manejaban el lanzabolas mediante el botón incorporado en el mando y otros lo controlaban mediante su pulsador especial conectado a la clavija Jack implementada en el mando del lanzabolas desarrollado en este proyecto. Aparte de esta dificultad inicial, ni el desarrollo del juego ni el hardware o software sufrieron ningún problema en el transcurso de la prueba.

En la siguiente imagen (Fig. 66) se puede ver el desarrollo de la prueba, donde los alumnos jugaban entre ellos a la Diana.



Fig. 66. Prueba en el Colegio

Los siguientes enlaces (Pruebas en colegio 1 y Pruebas en colegio 2) muestran el desarrollo satisfactorio de las pruebas y su total integración con los niños.

- <https://www.youtube.com/watch?v=1XHkf3hBYG8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=jFzyDju5QPY>

Como conclusión a estas pruebas, se puede decir que es una gran satisfacción ver como algo que has realizado, puede causar tanta felicidad y emoción en los niños. Es un verdadero orgullo.

Además, habido cuenta de los resultados, se ha dejado operativo el sistema en el Colegio para su total disfrute.

### 4.3 Presupuesto

A continuación, se incluye un estudio económico en el cual se muestran los gastos del material utilizado en el proyecto así como los honorarios del ingeniero diseñador.

#### Coste del material:

El coste de todos los materiales utilizados se muestra en la siguiente tabla, en la cual aparecen los componentes utilizados, la cantidad de cada componente así como su precio unitario y precio total.

Código	Unidades	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
<b>Capítulo 1. Materiales y construcción mecánica de la Diana</b>				
01.01	2	Bobina de plástico ABS Filamento de plástico ABS 1.75mm 1kg.	19,90 €	39,80 €
01.02	1	Tablero de madera de contrachapado de dimensiones 250x122x0,4cm	32,00 €	32,00 €
01.03	1	Papel de embalar	2,00 €	2,00 €
01.04	1	Grasa	7,20 €	7,20 €
01.05	1	Bolsa de 3 muelles grandes	3,85 €	3,85 €
01.06	2	Esquadras	1,15 €	2,30 €
01.07	230	Tornillos	0,15 €	34,50 €
01.08	1	Tubo termoretráctil 2m	1,00 €	1,00 €
01.09	1	Spray Fly Color pintura azul	3,00 €	3,00 €
01.10	1	Spray Fly Color pintura rojo	3,00 €	3,00 €
01.11	1	Spray Fly Color pintura verde	3,00 €	3,00 €
01.12	1	Laca	2,65 €	2,65 €
01.13	1	Acetona	3,95 €	3,95 €
01.14	8	PortaLeds 5mm	0,65 €	5,20 €



Total Capítulo 1				143,45 €
Capítulo 2. Componentes e implementación electrónica				
02.01	24	Interruptor táctil tipo Émbolo (pulsador)	0,53 €	12,70 €
02.02	24	Tecla para teclado	0,13 €	3,12 €
02.03	1	Display Monocromo LCD Fordata, Alfanumérico, Reflectante, 2 filas x 16 caracteres, iluminación Amarillo, fondo Verde	5,94 €	5,94 €
02.04	1	Display LED Broadcom, 7 Segmentos, conexión común: Ánodo, LED Rojo, 3,7 mcd, orientación: Lado Derecho	2,36 €	2,36 €
02.05	8	LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, Azul, 465 nm, 1,6 cd, 3,3 V, 20 °, Serie Round, 3 mm (T-1)	0,65 €	5,23 €
02.06	1	Módulo Sonido	13,90 €	13,90 €
02.07	1	Tarjeta SD Kingston 4gb	3,95 €	3,95 €
02.08	1	Fuente de alimentación KFD de +9V y 2A para Arduino Uno Rev3	12,98 €	12,98 €
02.09	1	Arduino Uno Rev 3	26,61 €	26,61 €
02.10	1	Interruptor de balancín, R13112AAAA, contacto SPST, on-off, 10A a 250V ac, Negro	1,97 €	1,97 €
02.11	1	Cable unipolar verde de Ø 0,8mm. 10m longitud	15,00 €	15,00 €
02.12	1	Cable unipolar amarillo de Ø 0,8mm. 10m longitud	15,00 €	15,00 €
02.13	1	Condensador electrolítico 100nF	0,20 €	0,20 €
02.14	1	Transistor NPN 547B	0,22 €	0,22 €
02.15	9	Resistencias de 1/4W	0,05 €	0,41 €
02.16	7	Resistencias de 1/2W	0,05 €	0,32 €
02.17	1	Integrado 74LS47	1,56 €	1,56 €

02.18	4	Placas Protoboard	5,15 €	20,60 €
02.19	5	Base múltiple Hembra Recto Winslow 2.54mm 32 pines 1 fila Orificio Pasante Terminación Soldada Cobre Berilio, Latón	1,20 €	6,00 €
02.20	1	Conector DC macho Recto, Montaje de Cable, Longitud 42mm	5,77 €	5,77 €
02.21	1	Conector DC hembra 2,1mm	5,56 €	5,56 €
02.22	1	Botón de selección. Luz anaranjada. 12V	3,31 €	3,31 €
<b>Total capítulo 2</b>				162,70 €
<b>TOTAL:</b>				306,20 €

Tabla 10. Presupuesto, coste del material

Coste de personal:

El coste del personal (ingeniero) es íntegramente el tiempo total invertido por ingeniero en el desarrollo del proyecto, ya incluido en el precio están los impuestos que habría que aplicar.

Personal	Precio/hora	Horas totales	Coste total
Ingeniero	35 €/h	360	12600 €

Tabla 11. Presupuesto, coste del ingeniero

Realizando el total del presupuesto, teniendo en cuenta el coste de los materiales y del ingeniero:

<b>Coste personal</b>	<b>12600 €</b>
<b>Coste material</b>	<b>306,20 €</b>
<b>Total</b>	<b>12906,20 €</b>

Tabla 12. Presupuesto total



# Capítulo 5.

## Conclusiones y posibles líneas futuras



## 5.1 Conclusiones

A término de este proyecto se puede concluir que se han cumplido todos los objetivos.

Tras probarlo en el Colegio, se pudo comprobar que todo el sistema funcionaba correctamente y que satisfacía plenamente las necesidades que nos requerían desde el mismo. Es decir, se comprobó que el sistema entretuviera a los alumnos además de fomentar el desarrollo de las capacidades de los mismos: era evidente que se divertían, que se relacionaban fácilmente con sus compañeros y los profesores y que intentaban mejorar su atención y su habilidad en cada turno de tirada.

Por otra parte también se consiguió el objetivo de diseñar, construir el sistema y dejarlo en funcionamiento en el colegio; siendo este un producto novedoso, sin productos similares en el mercado.

En el mercado, se pueden encontrar tanto dianas como lanzadores de bolas; pero no una diana personalizada a nuestras necesidades ni un lanzabolas con la secuencia que queremos ni con conexión para los pulsadores de los alumnos.

Por eso, la finalización completa de este conjunto se hace tan satisfactoria.

Además, desde el punto de vista de conocimiento adquirido, se puede decir que de nuevo se ha cumplido un objetivo, ya que se ha podido establecer vínculos entre el aprendizaje fundamentalmente teórico de las asignaturas de la carrera y la implementación de un sistema real, con las restricciones que este presenta.

El haber realizado el proyecto por encargo del Colegio, no hace sino acrecentar la sensación de trabajar en algo real, tangible y que, además, va a ser útil para gente que lo necesita, lo que da sentido a todo el trabajo que haya podido conllevar.

## 5.2 Líneas futuras

Aun siendo un proyecto bastante cerrado y por lo demás poco dado a admitir futuras ampliaciones, podrían considerarse ciertas mejoras.

Respecto a la **parte mecánica**, el material de la diana se podría haber realizado con contrachapado de 7mm, ya que el utilizado de 4mm resulta bastante fino y por algunas zonas se deforma la superficie si la diana está demasiado cerca del lanzabolas.

Además, en cuanto al sistema de amortiguación, se podrían haber utilizado pequeños amortiguadores convencionales adecuados para su uso en la diana, ya que el diseño de amortiguadores realizado presenta algo de fricción, a pesar de estar lubricados con grasa.

Se optó por el diseño del sistema de amortiguación, debido a la necesidad de tener que reducir costes además de querer realizar todo el diseño de la diana por nuestra cuenta, comprando lo mínimo posible.

Respecto a la **parte electrónica**, el display BCD de 7 segmentos podría ser de mayor tamaño ya que con el puesto actualmente a una distancia media-lejana no se aprecia con claridad el número de jugador. Este es el fallo de diseño mayor que apreciamos tras las pruebas finales.



Además, se podría incluir un regulador de la intensidad de luz que permitiese aumentar o disminuir el contraste de la pantalla LCD cuando se estuviera jugando. Este control podría hacerse de manera manual por el profesor a través de un potenciómetro que permitiera circular una mayor o menor intensidad de corriente por la patilla LED+ de la pantalla LCD, o bien automáticamente.

En nuestro caso, se decidió no poner potenciómetro y poner esta patilla a masa para obtener en todo momento el mayor contraste de la pantalla, debido a que nuestro sistema va destinado a usuarios con discapacidades.

Otra mejora sustancial al proyecto de la Diana sería incluir otro modo de juego a la programación del microcontrolador, pudiéndolo seleccionar por el profesor antes de iniciar la partida, eligiendo así un juego u otro, haciendo así de esta forma, un sistema más versátil y menos monótono, evitando un posible futuro aburrimiento tanto de los niños como de los cuidadores.

Y además, se podría incluir un mando a distancia también a la diana para el profesor, sin tener la necesidad de ir a la diana a pulsar el botón de selección para el desarrollo del juego.



## Bibliografía

[1] <http://designforall.org/?Setlang=es>

Última vez consultada: 31/08/2016

[2] Desarrollo de una ayuda técnica para alumnos del colegio San Rafael (5) : cuentacuentos interactivo

Última vez consultada: 13/01/2016

[3] <http://www.prometec.net/modulo-1/>

Última vez consultada: 25/01/2016

[4] [http://www.learobotics.com/wiki/index.php?title=Dise%C3%B1o\\_de\\_piezas\\_con\\_Free\\_cad](http://www.learobotics.com/wiki/index.php?title=Dise%C3%B1o_de_piezas_con_Free_cad)

Última vez consultada: 12/03/2016

[5] <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HelloWorld>

Última vez consultada: 08/05/2016

[6] [http://www.electronics-tutorials.ws/combinacion/comb\\_6.html](http://www.electronics-tutorials.ws/combinacion/comb_6.html)

Última vez consultada: 20/05/2016

[7] Diapositivas de Fabricación y construcción de equipos electrónicos. Diseño de PCBs.

Última vez consultada: 15/06/2016

[8] <http://es.ccm.net/contents/580-diagrama-de-gantt>

Última vez consultada: 27/07/2016

[9] <http://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-articulo-juego-ocio-tiempo-libre-ayudas-13004957>

Última vez consultada: 31/08/2016

[10] [http://www.darts501.com/Disability\\_Darts.html](http://www.darts501.com/Disability_Darts.html)

Última vez consultada: 01/09/2016



## Índice de acrónimos

<b>ABS</b>	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
<b>LED</b>	Light-Emitting Diode (Diodo emisor de luz)
<b>PCB</b>	Printed Circuit Board (Placa de circuito impreso)
<b>BCD</b>	Binary-Coded Decimal (Decimal codificado en binario)
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display (Pantalla de cristal líquido)
<b>AC</b>	Altern current (corriente alterna)
<b>DC</b>	Direct current (corriente continua)
<b>GND</b>	Ground, tierra, 0V



## Anexos

### A.1 Manual de Usuario

# MANUAL DE INSTRUCCIONES

**DIANA ADAPTADA**

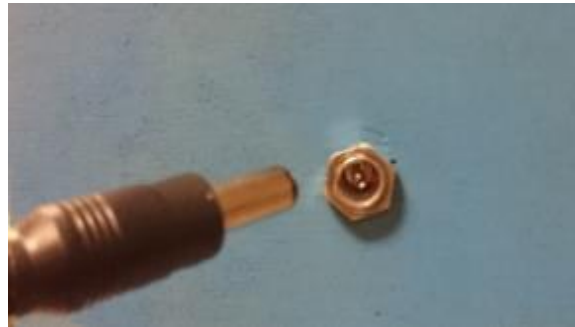


**Cristian Vázquez Ramos**

## Pautas para un correcto uso del sistema

### Alimentación

Para la alimentación del sistema se usa una fuente de alimentación KFD de 9V que se conecta a la clavija de la Diana.



### Arranque del sistema

Una vez conectada la alimentación, se enciende el sistema fijando el botón de on-off, hacia la posición de on (I).

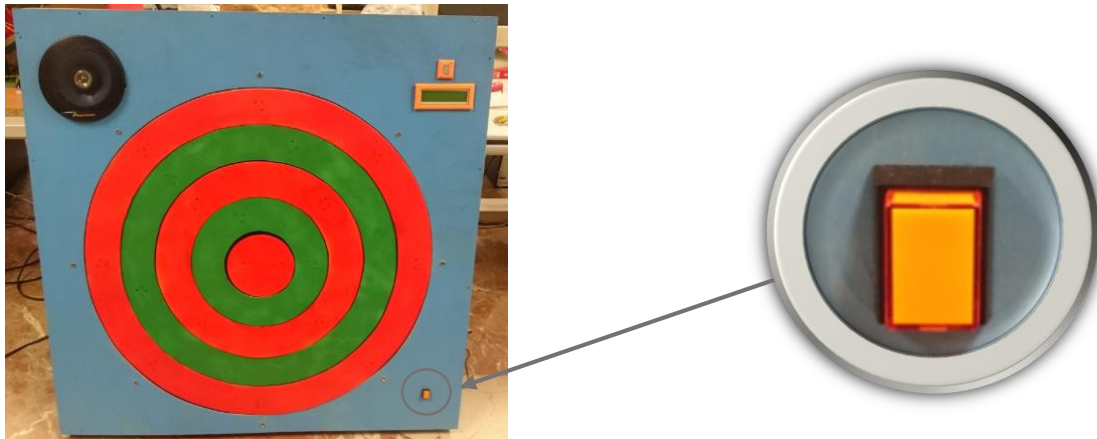


### Inicio y desarrollo del juego

Tras arrancar el sistema, la pantalla LCD mostrará un mensaje de bienvenida y el display BCD se iluminará mostrando un 0, indicando así que no es el turno de ningún jugador.



Seguidamente se pulsa el botón de selección.



Una vez pulsado el botón, el display BCD pasará a 1 indicando que es el turno del primer jugador, y la pantalla LCD mostrará las puntuaciones iniciales de los cuatro jugadores.





Ahora, en esta situación, la diana está a la espera de recibir una bola proveniente del lanzabolas y mostrar una puntuación.

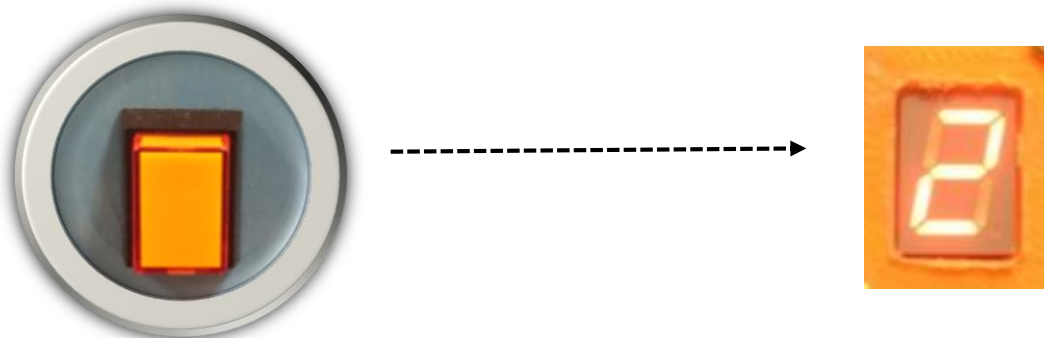
**IMPORTANTE:** NO OLVIDAR REGULAR EL LANZABOLAS CON SU POTENCIÓMETRO PARA EVITAR UN IMPACTO DEMASIADO FUERTE. EVITAR DISTANCIAS MENORES A 3 METROS.



Entonces tras el impacto de la bola, la diana indicará en la pantalla LCD la puntuación obtenida del jugador, a la par de lanzar un mensaje acústico y parpadeo de los LEDs.



En el momento, en el que dejen de parpadear los LEDs el profesor podrá volver a pulsar el botón de selección para pasar al siguiente jugador.



Para el desarrollo del juego, el procedimiento es el mismo. El primer jugador que llegue a 20 puntos ganará la partida, mostrando un mensaje de enhorabuena al jugador ganador por la pantalla LCD y un mensaje acústico.





Una vez que un jugador ha ganado la partida, se reinicia automáticamente la diana, volviendo al mensaje inicial de “Bienvenido. Pulse Botón”.

Una vez llegados a este punto, el profesor puede realizar dos opciones:

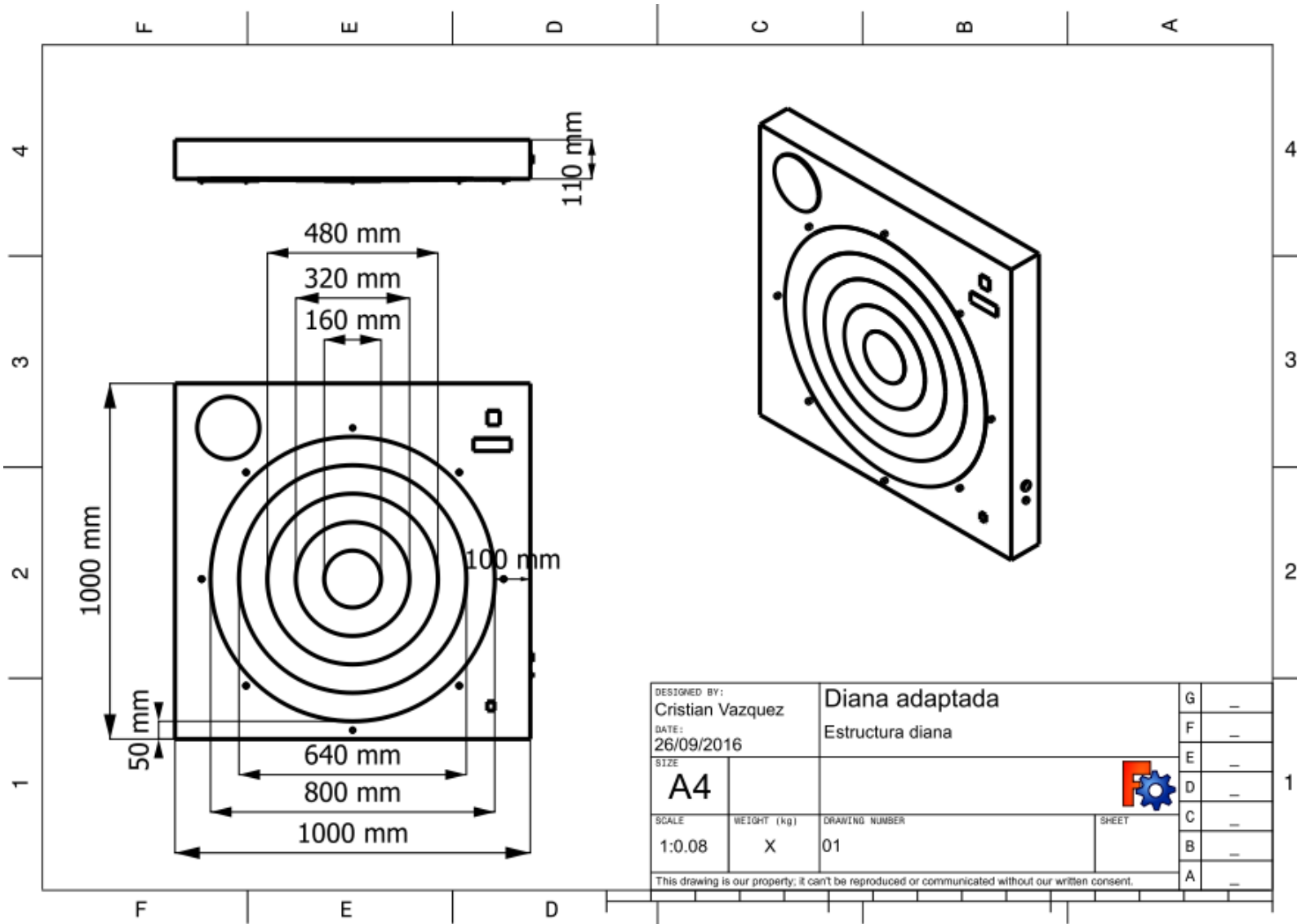
1. Empezar una nueva partida, pulsando el botón de selección.
2. Apagar la diana, fijando el botón de on-off, en la posición de off (O).

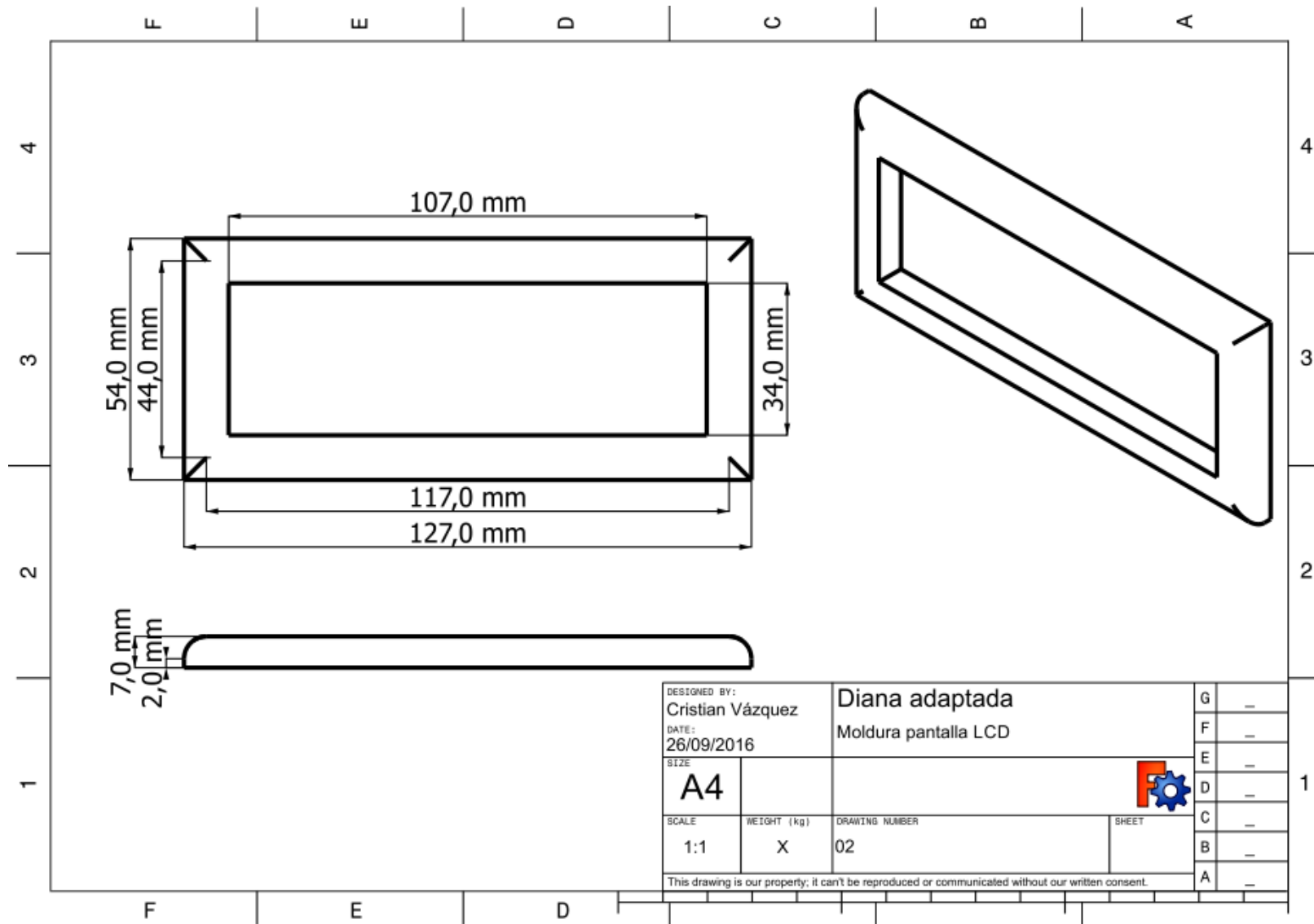
### **Apagado del sistema**

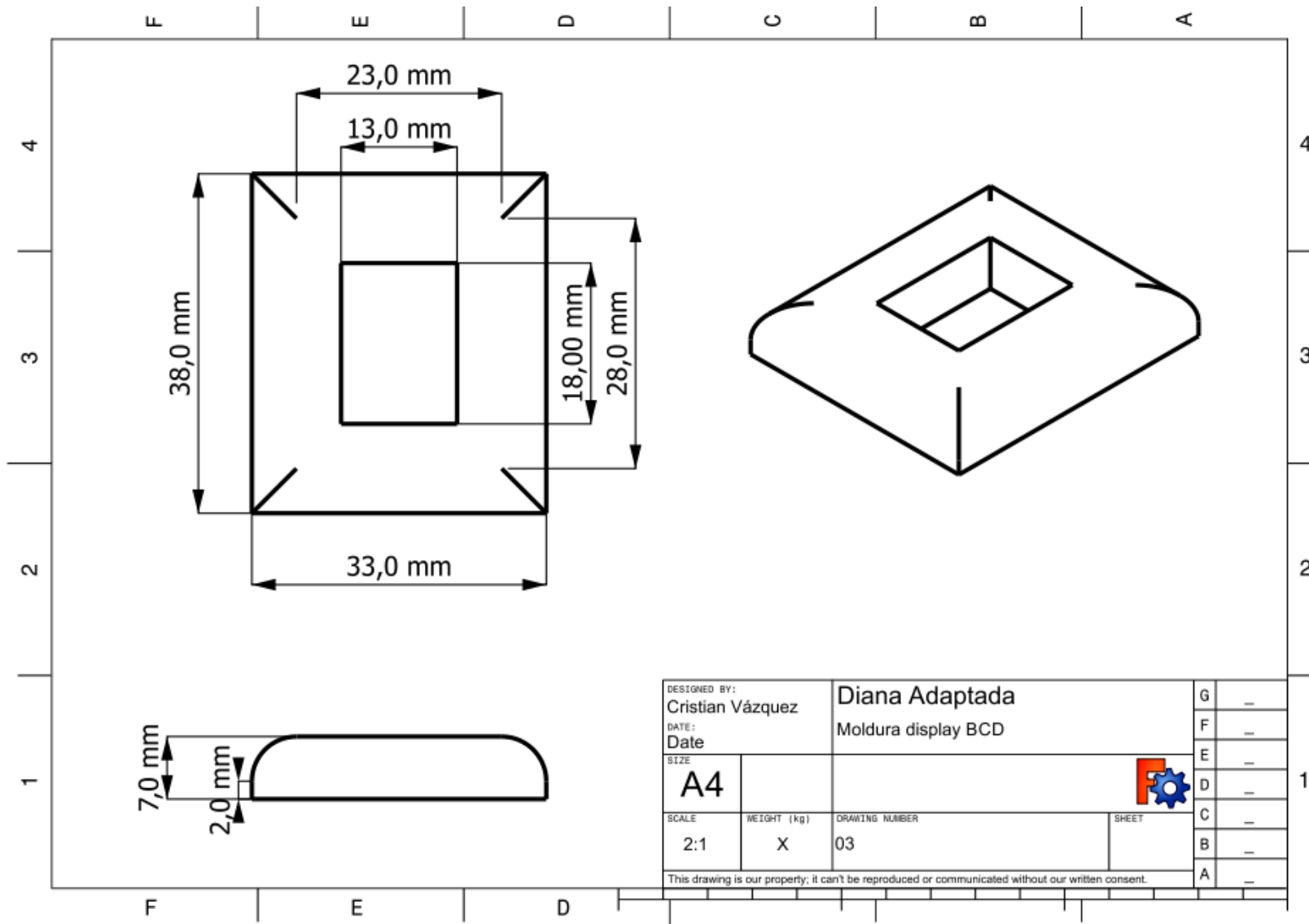
Una vez que el profesor ha optado por apagar la diana y ha pulsado el botón de on-off, ya se puede desconectar la fuente de alimentación de la diana.

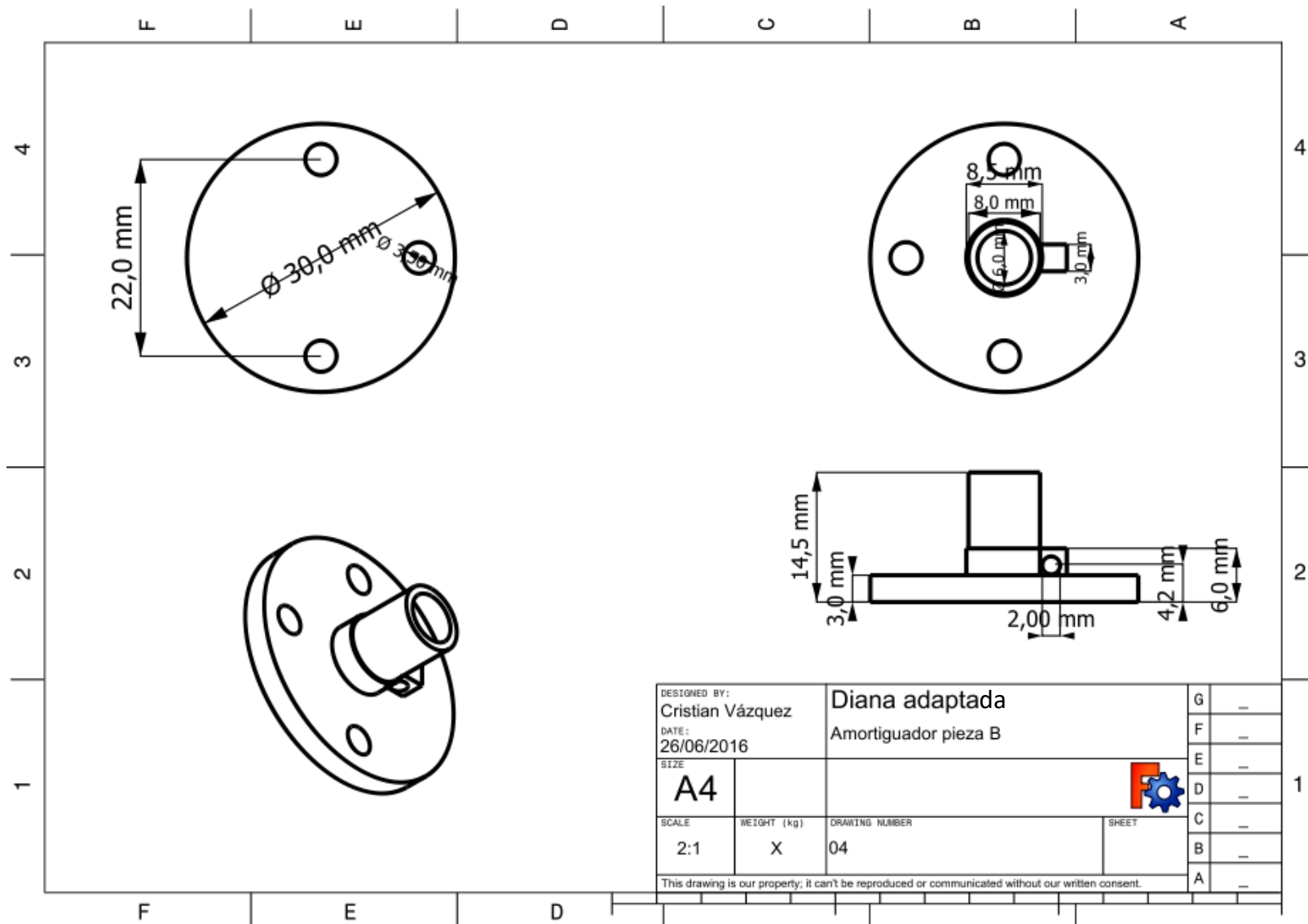


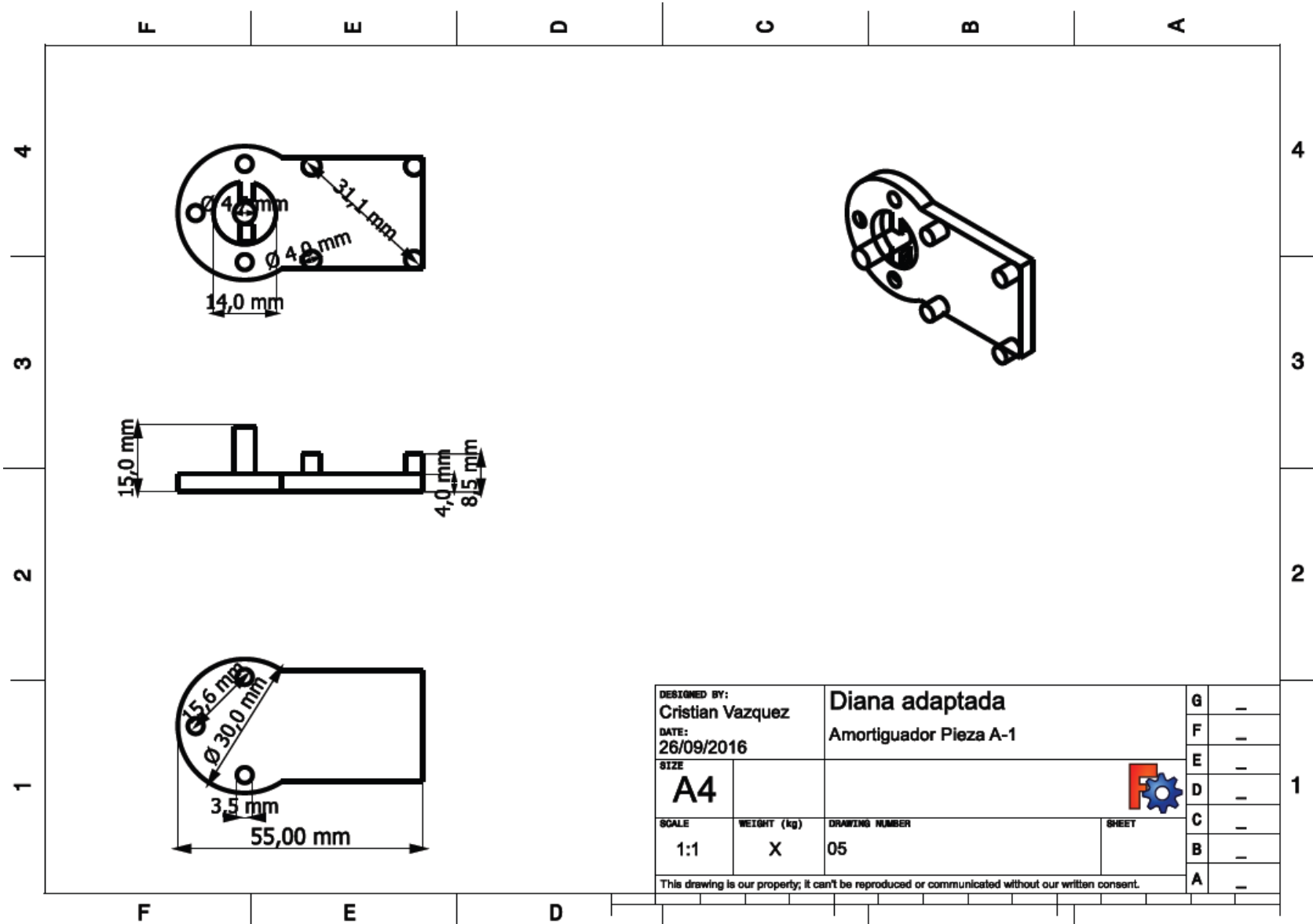
## A.2 Planos de piezas construidas



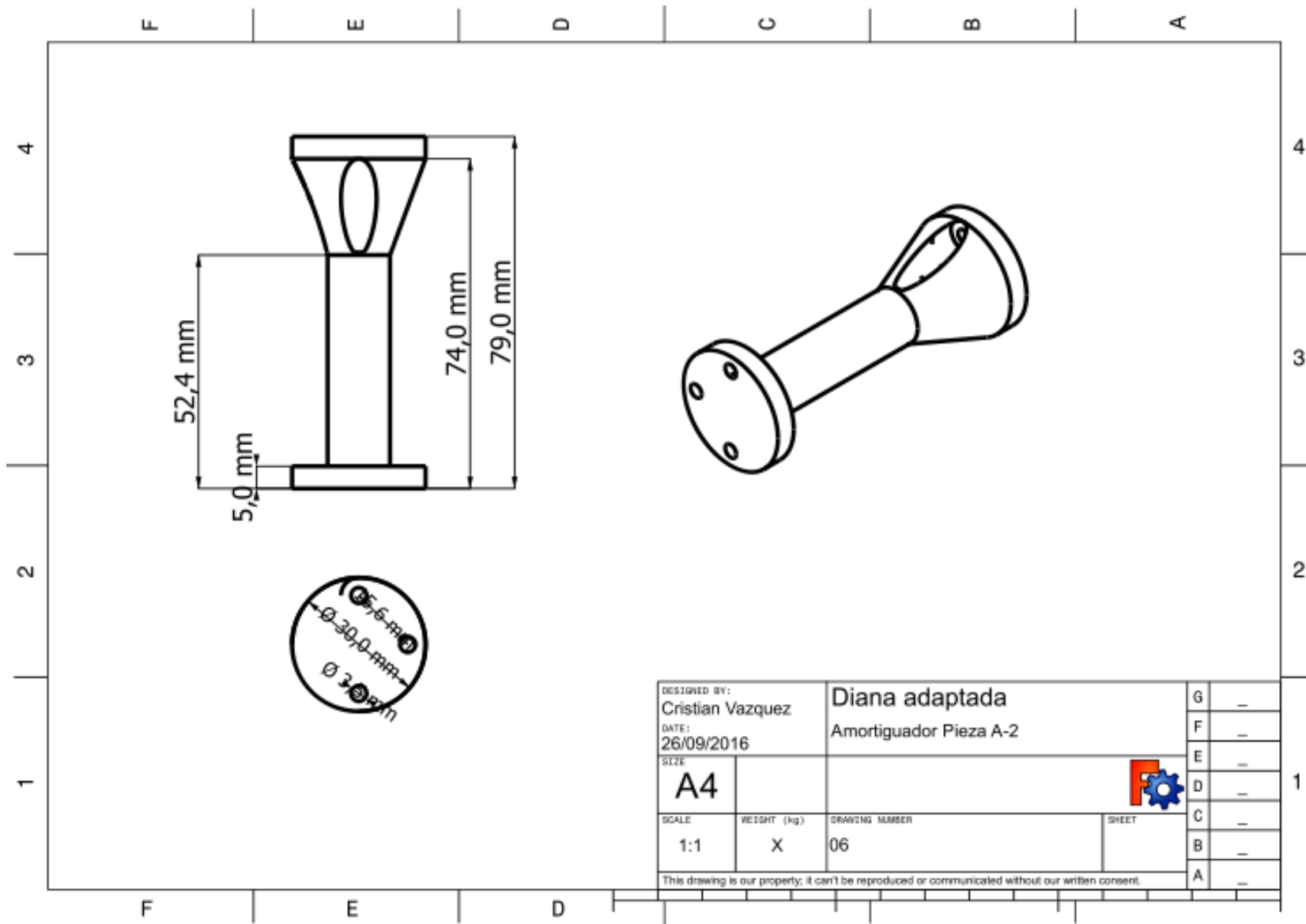






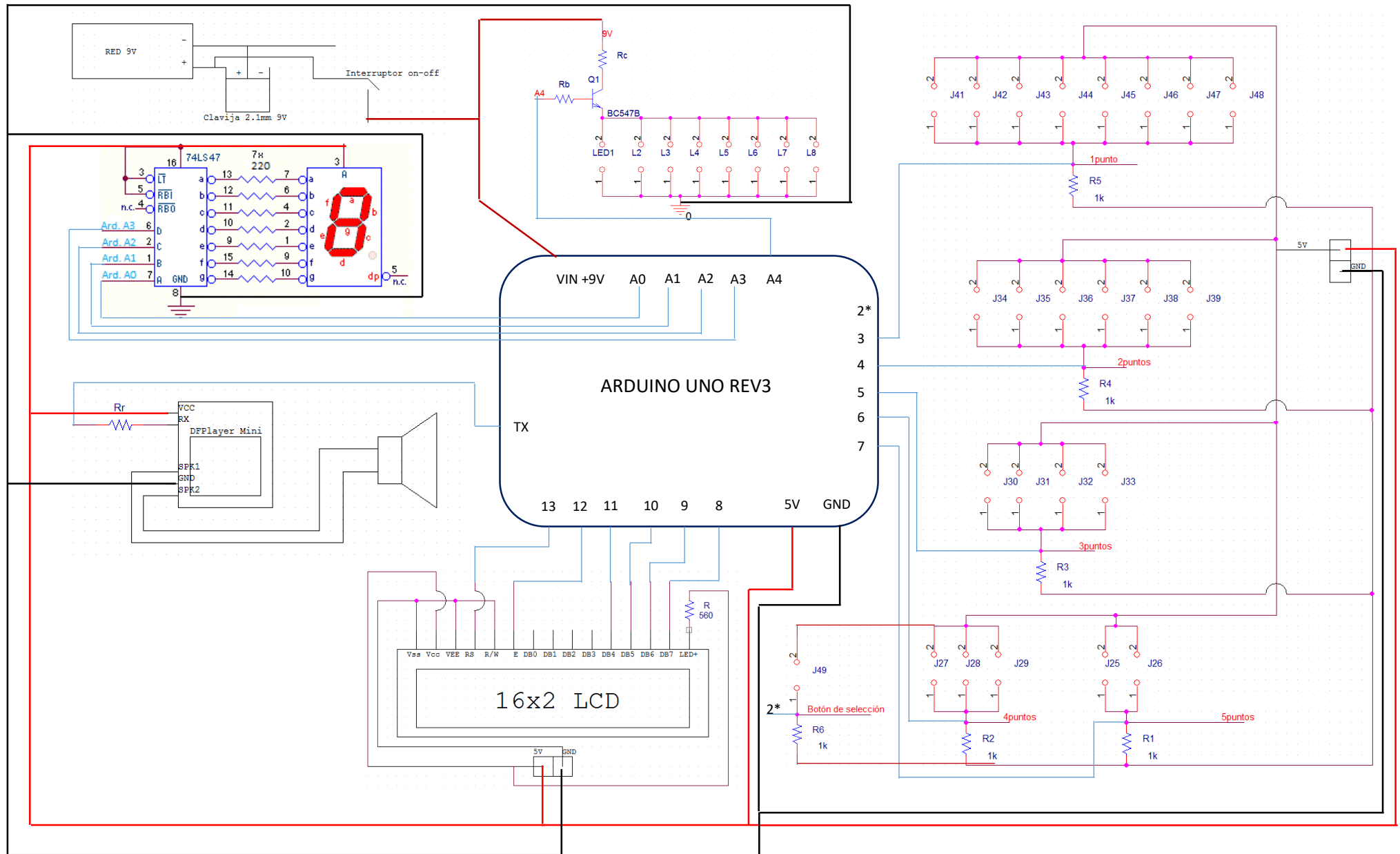








### A.3 Esquemático del circuito



## A.4 Programa del microcontrolador

```
/* ***** LIBRERIAS ***** */
#include <LiquidCrystal.h> //Librería para la pantalla LCD
#include <SoftwareSerial.h> //Audio
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h> //Audio

/* ***** DEFINES ***** */

/* ***** PINES DE ENTRADA ***** */
const int pinCambioJugador = 2; //Pin para cambiar el turno del jugador que le toca tirar
const int pinSensor_1puntos = 3; //Pin de entrada digital para el sensor de la diana de 1 punto
const int pinSensor_2puntos = 4; //Pin de entrada digital para el sensor de la diana de 2 puntos
const int pinSensor_3puntos = 5; //Pin de entrada digital para el sensor de la diana de 3 puntos
const int pinSensor_4puntos = 6; //Pin de entrada digital para el sensor de la diana de 4 puntos
const int pinSensor_5puntos = 7; //Pin de entrada digital para el sensor de la diana de 5 puntos

/* ***** PINES DE SALIDA ***** */
const int pin14_LCD = 8; //Pin de salida para la LCD
const int pin13_LCD = 9; //Pin de salida para la LCD
const int pin12_LCD = 10; //Pin de salida para la LCD
const int pin11_LCD = 11; //Pin de salida para la LCD
const int pin6_LCD = 12; //Pin de salida para la LCD
const int pin4_LCD = 13; //Pin de salida para la LCD

const int A1_display = A0; //Pines de salida para el display de 7 segmentos
const int B1_display = A1;
const int C1_display = A2;
const int D1_display = A3;

const int Led1 = A4; // Pines para los leds

/* ***** VARIABLES ***** */
bool sensor_1puntos = false; //Variables para detectar cuantos puntos ha conseguido cada jugador en
cada tirada
bool sensor_2puntos = false;
bool sensor_3puntos = false;
bool sensor_4puntos = false;
bool sensor_5puntos = false;

int puntos_jugador1 = 0; //Variables para contar el numero de puntos totales de cada jugador
int puntos_jugador2 = 0;
int puntos_jugador3 = 0;
int puntos_jugador4 = 0;

int jugador = 0; //Variable para saber a que jugador le toca tirar
bool cambioJugador = false; //Variable para detectar el pulsador de cambio de jugador
bool mensajeInicio = true; //Variable para disparar el mensaje de inicio solo al inicio

bool mostrarPuntuacion = false; //Variable para cambiar la puntuacion de la pantalla LCD
bool mostrarJugador = true; //Variable para cambiar el turno del jugador en el Display
```



```
/* ***** PINES LCD ***** */
LiquidCrystal lcd(pin4_LCD,pin6_LCD,pin11_LCD,pin12_LCD,pin13_LCD,pin14_LCD); //Establecemos los
pines para la pantalla LCD

void setup() {
/* ***** CONFIGURACION LCD ***** */
lcd.begin(16,2); //Configuramos la LCD de 16x2: 16 columnas x 2 filas

/* ***** CONFIGURACION PINES DE ENTRADA ***** */
pinMode(pinSensor_1puntos,INPUT); //Configuramos el pin 3 como entrada para el sensor 1 de la diana
pinMode(pinSensor_2puntos,INPUT);
pinMode(pinSensor_3puntos,INPUT);
pinMode(pinSensor_4puntos,INPUT);
pinMode(pinSensor_5puntos,INPUT);

/* ***** CONFIGURACION PINES DE SALIDA ***** */
pinMode(A1_display,OUTPUT); //Configuracion pines de salida para el display de 7 segmentos
pinMode(B1_display,OUTPUT);
pinMode(C1_display,OUTPUT);
pinMode(D1_display,OUTPUT);

pinMode(Led1, OUTPUT); //Configuracion pines de salida para los leds
pinMode(Led1, OUTPUT);

/* ***** CONFIGURACION AUDIO ***** */
mp3_set_serial (Serial); //Acticamos el puerto serie para el modulo de sonido DFPlayer-mini mp3
delay(1);
mp3_set_volume (15); //Configuracion del volumen del sonido (0~30)

/* ***** CONFIGURACION PUERTO SERIE ***** */
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  cambioJugador = digitalRead (pinCambioJugador); //Leemos el pin del pulsador de la diana para detectar
cuando se pulsa para cambiar de jugador
  if (jugador==0){ //mensaje de bienvenida
    lcd.setCursor(0,0); //Ponemos el cursor en la posicion (x,y) columna x (0-15) fila y (0-1)
    lcd.print(" "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 1
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 2

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(" BIENVENIDO ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" PULSE BOTON ");
  }

  if (cambioJugador == true){ //Para cambiar el jugador cuando se pulsa en la diana
    jugador++;

    if (jugador == 1){ //Para iniciar el marcador de la LCD cuando se pulsa en la diana para comenzar a
    jugar

      mostrarPuntuacion = true;
    }
    if (jugador == 5){ //Para que despues de tirar el cuarto jugador vuelva de nuevo al jugador 1
```



```
jugador = 1;
}
mostrarJugador = true;
delay(500);
}

if (jugador > 0){
  sensor_1puntos = digitalRead (pinSensor_1puntos); //Leemos continuamente los sensores para
  detectar la bola y la puntuacion obtenida
  sensor_2puntos = digitalRead (pinSensor_2puntos);
  sensor_3puntos = digitalRead (pinSensor_3puntos);
  sensor_4puntos = digitalRead (pinSensor_4puntos);
  sensor_5puntos = digitalRead (pinSensor_5puntos);
}

if (mostrarPuntuacion == true){ //Para que solo entre cada vez que hay un cambio en la puntuación
  lcd.setCursor(0,0); //Ponemos el cursor en la posicion (x,y) columna x (0-15) fila y (0-1)
  lcd.print("      "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 1
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("      "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 2

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("JUG1:");
  lcd.setCursor(5,0);
  lcd.print(puntos_jugador1);

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("JUG2:");
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print(puntos_jugador2);

  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("JUG3:");
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print(puntos_jugador3);

  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print("JUG4:");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(puntos_jugador4);

  mostrarPuntuacion = false;
}

if ((jugador == 0) && (mostrarJugador == true)){

digitalWrite(D1_display,LOW);digitalWrite(C1_display,LOW);digitalWrite(B1_display,LOW);digitalWrite(
A1_display,LOW);

  if (mensajeInicio == true) {

    mp3_play (14);
    mensajeInicio=false;
    delay(4000);
  }
  mp3_play (16); //Reproduccion de la cancion 0014 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
  mostrarJugador = false;
```



```
}
if ((jugador == 1) && (mostrarJugador == true)){

digitalWrite(D1_display,LOW);digitalWrite(C1_display,LOW);digitalWrite(B1_display,LOW);digitalWrite(
A1_display,HIGH);
  mp3_play (10); //Reproduccion de la cancion 0010 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
  mostrarJugador = false;
}
if ((jugador == 2) && (mostrarJugador == true)){

digitalWrite(D1_display,LOW);digitalWrite(C1_display,LOW);digitalWrite(B1_display,HIGH);digitalWrite(
A1_display,LOW);
  mp3_play (11); //Reproduccion de la cancion 0011 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
  mostrarJugador = false;
}
if ((jugador == 3) && (mostrarJugador == true)){

digitalWrite(D1_display,LOW);digitalWrite(C1_display,LOW);digitalWrite(B1_display,HIGH);digitalWrite(
A1_display,HIGH);
  mp3_play (12); //Reproduccion de la cancion 0012 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
  mostrarJugador = false;
}
if ((jugador == 4) && (mostrarJugador == true)){

digitalWrite(D1_display,LOW);digitalWrite(C1_display,HIGH);digitalWrite(B1_display,LOW);digitalWrite(
A1_display,LOW);
  mp3_play (13); //Reproduccion de la cancion 0013 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
  mostrarJugador = false;
}

if ((sensor_1puntos == true) || (sensor_2puntos == true) || (sensor_3puntos == true) ||
(sensor_4puntos == true) || (sensor_5puntos == true)){
  switch (jugador){
    case 1:
      if (sensor_5puntos == true){ //Ponemos la puntuacion en orden decreciente, para que si la pelota da
en varios aros a la vez se suma la mayor puntuacion
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encendemos el led
        delay(500);
        mp3_play (5); //Reproduccion de la cancion 0005 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
        puntos_jugador1 = puntos_jugador1 + 5;
        sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
        sensor_2puntos == false;
        sensor_3puntos == false;
        sensor_4puntos == false;
        sensor_5puntos == false;
        delay(500); //Esperamos un tiempo para evitar rebotes en los sensores
        for (int i=0; i<4; i++){
          digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
          delay(500);
          digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
          delay(500);
        }
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
      }
    }

    if (sensor_4puntos == true){
```



```
digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
delay(500);
mp3_play (4); //Reproduccion de la cancion 0004 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
puntos_jugador1 = puntos_jugador1 + 4;
sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
sensor_2puntos == false;
sensor_3puntos == false;
sensor_4puntos == false;
sensor_5puntos == false;
delay(500);
for (int i=0; i<5; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(400);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(400);
}
digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_3puntos == true){
digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
delay(500);
mp3_play (3); //Reproduccion de la cancion 0003 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
puntos_jugador1 = puntos_jugador1 + 3;
sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
sensor_2puntos == false;
sensor_3puntos == false;
sensor_4puntos == false;
sensor_5puntos == false;
delay(500);
for (int i=0; i<7; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(300);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(300);
}
digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_2puntos == true){
digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
delay(500);
mp3_play (2); //Reproduccion de la cancion 0002 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
puntos_jugador1 = puntos_jugador1 + 2;
sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
sensor_2puntos == false;
sensor_3puntos == false;
sensor_4puntos == false;
sensor_5puntos == false;
delay(500);
for (int i=0; i<10; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(200);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
```





```
    delay(200);
  }
  digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_1puntos == true){
  digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
  delay(500);
  mp3_play (1); //Reproduccion de la cancion 0001 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
  puntos_jugador1++;
  sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
  aros solo entre en el de mayor puntuacion
  sensor_2puntos == false;
  sensor_3puntos == false;
  sensor_4puntos == false;
  sensor_5puntos == false;
  delay(500);
  for (int i=0; i<20; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(100);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(100);
  }
  digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}
  mostrarPuntuacion = true; //Para cambiar la puntuación en la pantalla cuando hay un cambio en la
  puntuacion del jugador 1
  break;

case 2:
  if (sensor_5puntos == true){ //Ponemos la puntuacion en orden decreciente, para que si la pelota da
  en varios aros a la vez se sume la mayor puntuacion
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encendemos el led
    delay(500);
    mp3_play (5); //Reproduccion de la cancion 0005 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador2 = puntos_jugador2 + 5;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<4; i++){
      digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
      delay(500);
      digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
      delay(500);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
  }

  if (sensor_4puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (4); //Reproduccion de la cancion 0004 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
```

```
puntos_jugador2 = puntos_jugador2 + 4;
sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
sensor_2puntos == false;
sensor_3puntos == false;
sensor_4puntos == false;
sensor_5puntos == false;
delay(500);
for (int i=0; i<5; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(400);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(400);
}
digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_3puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (3); //Reproduccion de la cancion 0003 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador2 = puntos_jugador2 + 3;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<7; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
        delay(300);
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(300);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_2puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (2); //Reproduccion de la cancion 0002 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador2 = puntos_jugador2 + 2;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<10; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
        delay(200);
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(200);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
```



```
}

if (sensor_1puntos == true){
  digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
  delay(500);
  mp3_play (1); //Reproduccion de la cancion 0001 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
  puntos_jugador2++;
  sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
  aros solo entre en el de mayor puntuacion
  sensor_2puntos == false;
  sensor_3puntos == false;
  sensor_4puntos == false;
  sensor_5puntos == false;
  delay(500);
  for (int i=0; i<20; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(100);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(100);
  }
  digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}
mostrarPuntuacion = true; //Para cambiar la puntuación en la pantalla cuando hay un cambio en la
puntuacion del jugador 2
break;

case 3:
  if (sensor_5puntos == true){ //Ponemos la puntuacion en orden decreciente, para que si la pelota da
  en varios aros a la vez se sume la mayor puntuacion
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (5); //Reproduccion de la cancion 0005 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador3 = puntos_jugador3 + 5;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<4; i++){
      digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
      delay(500);
      digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
      delay(500);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
  }

  if (sensor_4puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (4); //Reproduccion de la cancion 0004 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador3 = puntos_jugador3 + 4;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
```



```
sensor_3puntos == false;
sensor_4puntos == false;
sensor_5puntos == false;
delay(500);
for (int i=0; i<5; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(400);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(400);
}
digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_3puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (3); //Reproduccion de la cancion 0003 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador3 = puntos_jugador3 + 3;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<7; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
        delay(300);
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(300);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //apagar el led
}

if (sensor_2puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (2); //Reproduccion de la cancion 0002 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador3 = puntos_jugador3 + 2;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<10; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
        delay(200);
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(200);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_1puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
```

```
delay(500);
mp3_play (1); //Reproduccion de la cancion 0001 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
puntos_jugador3++;
sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
sensor_2puntos == false;
sensor_3puntos == false;
sensor_4puntos == false;
sensor_5puntos == false;
delay(500);
for (int i=0; i<20; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(100);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(100);
}
digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}
mostrarPuntuacion = true; //Para cambiar la puntuación en la pantalla cuando hay un cambio en la
puntuacion del jugador 3
break;

case 4:
    if (sensor_5puntos == true){ //Ponemos la puntuacion en orden decreciente, para que si la pelota da
en varios aros a la vez se sume la mayor puntuacion
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(500);
        mp3_play (5); //Reproduccion de la cancion 0005 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
        puntos_jugador4 = puntos_jugador4 + 5;
        sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
        sensor_2puntos == false;
        sensor_3puntos == false;
        sensor_4puntos == false;
        sensor_5puntos == false;
        delay(500);
        for (int i=0; i<4; i++){
            digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
            delay(500);
            digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
            delay(500);
        }
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    }

    if (sensor_4puntos == true){
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(500);
        mp3_play (4); //Reproduccion de la cancion 0004 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
        puntos_jugador4 = puntos_jugador4 + 4;
        sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
aros solo entre en el de mayor puntuacion
        sensor_2puntos == false;
        sensor_3puntos == false;
        sensor_4puntos == false;
        sensor_5puntos == false;
        delay(500);
```



```
for (int i=0; i<5; i++){
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
    delay(400);
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(400);
}
digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_3puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (3); //Reproduccion de la cancion 0003 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador4 = puntos_jugador4 + 3;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<7; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW);
        delay(300);
        digitalWrite(Led1, HIGH);
        delay(300);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW);
}

if (sensor_2puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH);
    delay(500);
    mp3_play (2); //Reproduccion de la cancion 0002 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador4 = puntos_jugador4 + 2;
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<10; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
        delay(200);
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(200);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}

if (sensor_1puntos == true){
    digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
    delay(500);
    mp3_play (1); //Reproduccion de la cancion 0001 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
    puntos_jugador4++;
}
```



```
    sensor_1puntos == false; //Reiniciamos la variable de las puntuaciones para que si ha tocado varios
    aros solo entre en el de mayor puntuacion
    sensor_2puntos == false;
    sensor_3puntos == false;
    sensor_4puntos == false;
    sensor_5puntos == false;
    delay(500);
    for (int i=0; i<20; i++){
        digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
        delay(100);
        digitalWrite(Led1, HIGH); //Encender el led
        delay(100);
    }
    digitalWrite(Led1, LOW); //Apagar el led
}
    mostrarPuntuacion = true; //Para cambiar la puntuación en la pantalla cuando hay un cambio en la
puntuacion del jugador 4
    break;
}

if (puntos_jugador1 >= 20){
    lcd.setCursor(0,0); //Ponemos el cursor en la posicion (x,y) columna x (0-15) fila y (0-1)
    lcd.print("          "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 1
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("          "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 2

    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("JUGADOR 1 GANA");
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print("ENHORABUENA");

    Serial.print("El jugador 1 Gana");

    puntos_jugador1 = 0;
    puntos_jugador2 = 0;
    puntos_jugador3 = 0;
    puntos_jugador4 = 0;
    jugador = 0;
    mostrarJugador = true; //Para que cuando termine una partida vuelva a reiniciarse el display a 0
    mostrarPuntuacion = false; //Para que cuando gane alguien se muestre el ganador y no se ponga la
puntuacion
    delay(1500);
    mp3_play (6); //Reproduccion de la cancion 0006 de la carpera mp3 de la tarjeta
    delay(3000);
    mp3_play (15); //Reproduccion de la cancion 0015 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
    delay(9000);
}

if (puntos_jugador2 >= 20){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("          "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 1
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("          "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 2

    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("JUGADOR 2 GANA");
    lcd.setCursor(2,1);
```



```
lcd.print("ENHORABUENA");

Serial.print("El jugador 2 Gana");

puntos_jugador1 = 0;
puntos_jugador2 = 0;
puntos_jugador3 = 0;
puntos_jugador4 = 0;
jugador = 0;
mostrarJugador = true; //Para que cuando termine una partida vuelva a reiniciarse el display a 0
mostrarPuntuacion = false; //Para que cuando gane alguien se muestre el ganador y no se ponga la
puntuacion
delay(1500);
mp3_play (7); //Reproduccion de la cancion 0007 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
delay(3000);
mp3_play (15); //Reproduccion de la cancion 0015 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
delay(9000);
}

if (puntos_jugador3 >= 20){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 1
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 2

  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("JUGADOR 3 GANA");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("ENHORABUENA");

  Serial.print("El jugador 3 Gana");

  puntos_jugador1 = 0;
  puntos_jugador2 = 0;
  puntos_jugador3 = 0;
  puntos_jugador4 = 0;
  jugador = 0;
  mostrarJugador = true; //Para que cuando termine una partida vuelva a reiniciarse el display a 0
  mostrarPuntuacion = false; //Para que cuando gane alguien se muestre el ganador y no se ponga la
  puntuacion
  delay(1500);
  mp3_play (8); //Reproduccion de la cancion 0008 de la carpera mp3 de la tarjeta
  delay(3000);
  mp3_play (15); //Reproduccion de la cancion 0015 de la carpera mp3 de la tarjeta SD
  delay(9000);
}

if (puntos_jugador4 >= 20){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 1
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" "); //Borramos lo que tenga la pantalla en la fila 2

  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("JUGADOR 4 GANA");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("ENHORABUENA");
```





```
Serial.print("El jugador 4 Gana");

puntos_jugador1 = 0;
puntos_jugador2 = 0;
puntos_jugador3 = 0;
puntos_jugador4 = 0;
jugador = 0;
mostrarJugador = true; //Para que cuando termine una partida vuelva a reiniciarse el display a 0
mostrarPuntuacion = false; //Para que cuando gane alguien se muestre el ganador y no se ponga la
puntuacion
delay(1500);
mp3_play (9); //Reproduccion de la cancion 0009 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
delay(3000);
mp3_play (15); //Reproduccion de la cancion 0015 de la carpeta mp3 de la tarjeta SD
delay(9000);
}
}
}
```

## A.5 Enlaces a hojas de características

En este apartado se mostrarán los enlaces a las hojas de características que se han visitado para poder llevar a cabo el trabajo. Los archivos pdf están situados en sus correspondientes servidores, por lo tanto no se garantiza que el archivo esté disponible en el momento de su utilización.

Arduino Uno Rev 3	<a href="http://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf">http://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf</a>
Display LCD SNT alfanumérico reflectivo 2x16	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0f25/0900766b80f25e5a.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0f25/0900766b80f25e5a.pdf</a>
Displays LED rojos de 7 segmentos, Avago Technologies	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1316/0900766b81316aa9.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1316/0900766b81316aa9.pdf</a>
Interruptor táctil tipo émbolo (pulsador)	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0120/0900766b801207f1.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0120/0900766b801207f1.pdf</a>
Módulo DFPlayer Mini	<a href="http://www.picaxe.com/docs/spe033.pdf">http://www.picaxe.com/docs/spe033.pdf</a>
LED Kingbright Azul, 465 nm	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0330/0900766b80330e7d.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0330/0900766b80330e7d.pdf</a>
Interruptor on-off	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/08a9/0900766b808a97c8.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/08a9/0900766b808a97c8.pdf</a>
Conector hembra 2.1mm 12V	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0bbc/0900766b80bbc7d2.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0bbc/0900766b80bbc7d2.pdf</a>
Integrado 74LS47	<a href="http://home.agh.edu.pl/~ostrowsk/teksty/74ls47.pdf">http://home.agh.edu.pl/~ostrowsk/teksty/74ls47.pdf</a>
Botón de Selección	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/144a/0900766b8144ab64.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/144a/0900766b8144ab64.pdf</a>
Transistor	<a href="http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1384/0900766b813843c4.pdf">http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1384/0900766b813843c4.pdf</a>